

A minha mãe

Maria Tereza (in memoriam)

e ao meu pai

Epiphânio

OFFEREÇO

A namorada

Eloáh

aos meus irmãos

Valéria, Cláudio e Maria Thais

e a sobrinha Ana Paula

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Paulo Sérgio Graziano Magalhães, pela orientação, apoio e amizade.

Aos colegas Arsenio Sattler, Geraldo Ferreti, João Carlos , Pedro Henrique, pelo auxílio nas determinações de campo.

Aos funcionários Luis Carlos, Dêrcio, José Maria, Francisco, pela dedicação e esforço nas adaptações da máquina.

Aos funcionários do campo experimental pelo auxílio nas determinações do ensaio.

Ao Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA) da UNICAMP, em especial ao diretor de experimentação Pedro Magalhães, o técnico Urbano e ao tratorista Moisés. Pelo apoio e amizade.

A todos os colegas da pós-graduação, pelo apoio e amizade.

Ao professor Carlos Antonio Gamero UNESP Botucatu, pela colaboração e amizade.

Aos técnicos Célia Gonsalves e Paulo Albuquerque, pelo auxílio nas análises de solo.

As secretárias da pós-graduação Célia e Ana e do DMA Aparecida. Pelo apoio e amizade.

Aos professores e funcionários da FEAGRI pelo apoio e amizade.

A minha prima Maria Thereza pela amizade e correção do texto.

A Marchesan pelas hastes utilizadas na máquina.

A CAPES pela manutenção durante o curso.

SUMARIO

	Página
DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
LISTA DE SIMBOLOS.....	xiii
RESUMO.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 OBJETIVOS.....	04
3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	06
3.1 Preparo do solo como causa da erosão.....	06
3.2 Sistemas de preparo mínimo e reduzido do solo....	07
3.3 Comparações entre tipos de preparo do solo.....	09
3.4 Avaliações da operação de preparo do solo.....	13
3.5 Operações de arados escarificadores e cinzel.....	14
3.6 Desempenho dos implementos de hastes em função da geometria.....	16
4 ASPECTOS TEÓRICOS.....	20
4.1 Critério de escolha e dimensionamento das hastes e ponteiros.....	20

4.2	Fundamento teórico.....	21
4.3	Seleção e dimensionamento das hastes e ponteiros..	22
4.3.1	Seleção.....	22
4.3.2	Dimensionamento.....	24
5	MATERIAL E METODOS.....	28
5.1	Solo.....	28
5.2	Máquina e implementos usados no preparo do solo..	29
5.3	Area do perfil mobilizado.....	30
5.4	Delineamento estatístico e análise dos dados.....	34
5.5	Tratamentos.....	34
5.5	Cobertura do solo.....	35
5.7	Resistência à penetração do solo.....	40
5.8	Velocidade de deslocamento durante o ensaio.....	40
5.9	Operação de preparo do solo.....	40
5.10	Presença de plantas invasoras.....	41
5.11	Porcentagem de agregados por classe de tamanho e diâmetro médio geométrico.....	42
5.12	Consumo de combustível.....	43
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
6.1	Cobertura do solo.....	46
6.2	Area do perfil mobilizado.....	48
6.3	Controle de plantas invasoras.....	49
6.4	Diâmetro médio geométrico dos agregados.....	53
6.5	Porcentagem de peso retido por classe de agrega- dos.....	55
6.6	Consumo de combustível.....	57
6.7	Consumo de combustível por área de solo mobiliza-	

da.....	59
6.8 Biomassa presente na área antes do ensaio.....	60
6.9 Velocidade de deslocamento do trator durante o ensaio.....	61
7 CONCLUSOES	63
8 RECOMENDAÇÕES.....	65
9 SUMMARY.....	66
10 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	68
11 ANEXOS.....	73

LISTA DE TABELAS

TABELA	PAGINA
1 - Perfil mobilizado teórico obtido pelo método de Goodwin & Spoor (1977).....	26
2 - Atividades desenvolvidas na área a partir de 1983.....	29
3 - Densidade global do solo.....	30
4 - Propriedades físicas e mecânicas do solo e teor de umidade durante o preparo do solo..	31
5 - Tratamentos realizados no ensaio de campo..	39
6 - Cobertura do solo com resíduos vegetais....	47
7 - Área média do perfil mobilizado do solo....	51
8 - Presença de ervas daninhas por metro quadrado com leitura seis dias após o preparo do solo.	52
9 - Presença de ervas daninhas doze dias após o preparo do solo.....	53
11 - Diâmetro médio geométrico (mm).....	54
12 - Porcentagem de peso por classe de agregados..	56
13 - Consumo de combustível em l/ha.....	58
14 - Consumo de combustível em ml/cm ²	59

15 - Biomassa presente na área do ensaio em ton/ha	
em 29.10.90.....	61
16 - Velocidade de deslocamento durante o ensaio..	62

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1 - Modelo de ruptura lateral eliptico proposto por GOODWIN & SPOOR.....	25
2 - Máquina de preparo minimo utilizada no experimento.....	32
3 - Croqui da área experimental	36
4 - Haste rigida utilizada para profundidades de 17 cm e a ponteira de 45° á esquerda e haste utilizada para 27 cm e ponteira de 65° á esquerda.....	37
5 - Haste flexivel para profundidade de 17 cm á esquerda e de 27 cm á direita.....	38
6 - Desenho esquemático das hastes flexiveis..	38
7 - Esquema do aparelho medidor de combustivel	44
8 - Gráfico comparativo dos perfis teóricos e os obtidos no ensaio de campo.....	50

LISTA DE ANEXOS

ANEXO		PAGINA
I	Valores de cobertura do solo em porcentagem.....	74
II	Valores obtidos para área de solo mobilizado....	75
III	Valores obtidos para presença de plantas invaso- ras 6 dias após o preparo em plantas por m ²	76
IV	Valores obtidos para presença de plantas invaso- ras 12 dias após o preparo em plantas por m ²	77
V	Valores obtidos para o diâmetro médio geométri- co em (mm).....	78
VI	Valores obtidos para consumo de combustível em l/ha.....	79
VII	Valores obtidos para consumo de combustível em ml/cm ²	80
VIII	Valores obtidos de biomassa presente na área em ton/ha.....	81
IX	Valores obtidos para velocidade de deslocamento do conjunto trator/implemento durante o trabalho	82
X	Valores obtidos para porcentagem de agregados por	

	classe de tamanho.....	83
XI	Esquema da análise de variância.....	84
XII	Média, desvio padrão, coeficiente de variação e diferença mínima significativa ao nível de 5% de probabilidade dos parâmetros estudados.....	85
XIII	Dados diários de precipitação para os meses de janeiro a novembro de 1990.....	86
XIV	Perfil mobilizada do solo do tratamento MR1.....	87
XV	Perfil mobilizado do solo do tratamento MR2.....	88
XVI	Perfil mobilizado do solo do tratamento MR3.....	89
XVII	Perfil mobilizado do solo do tratamento MR4.....	90
XVIII	Perfil mobilizado do solo do tratamento MF5.....	91
XIX	Perfil mobilizado do solo do tratamento MF6.....	92
XX	Perfil mobilizado do solo do tratamento PSC.....	93
XXI	Detalhe da parcela do bloco I após a ação da MPM com os tratamentos MR1 e MR2.....	94
XXII	Detalhe da parcela do bloco I após a ação da MPM com os tratamentos MR3 e MR4.....	95
XXIII	Detalhe da parcela do bloco I após a ação da MPM com os tratamentos MF5 e MF6.....	96
XXIV	Detalhe da parcela do bloco I após a ação do tra- tamento PSC e o rolo de corte.....	97
XXV	Perfis teóricos obtidos pelo modelo de Goodwin & Spoor (1977).....	98

LISTA DE SIMBOLOS

MPM	Máquina de Preparo Minimo
P	Força de tração total do implemento
g	Aceleração da gravidade
γ	Densidade global do solo
c	Coesão do solo
ca	Força de adesão do solo ao implemento
d	Profundidade de trabalho
q	Pressão de sobrecarga vertical que atua sobre o implemento
w	Largura do implemento
N, Nc e Nq	Fatores dependentes da força de atrito do solo, geometria do implemento e forças presentes na relação implemento/solo.
α	Angulo de ataque da ferramenta
s	Distância máxima de ruptura lateral
ϕ	Angulo de atrito solo/metall
r	Raio de ruptura lateral
MR1	Tratamento com haste rigida, ponteira com 45° de ângulo de ataque e profundidade de trabalho de 27 cm para as 5 hastes.

- MR2 Tratamento com haste rígida, ponteira com 45° de ângulo de ataque e 17 cm de profundidade de trabalho das hastes dianteiras e 27 cm as traseiras.
- MR3 Tratamento com haste rígida, ponteira com 65° de ângulo de ataque e profundidade de trabalho de 27 cm para as 5 hastes.
- MR4 Tratamento com haste rígida, ponteira com 65° de ângulo de ataque e 17 cm de profundidade de trabalho das hastes dianteiras e 27 cm as traseiras.
- MF5 Tratamento com haste flexível, ponteira com 20° de ângulo de ataque e profundidade de trabalho de 27 cm para as 5 hastes.
- MF6 Tratamento com haste flexível, ponteira com 20° de ângulo de ataque e 17 cm de profundidade de trabalho das hastes dianteiras e 27 cm as traseiras.
- PSC Preparo do solo convencional. Uma aração e duas gradagens

RESUMO

Este trabalho procurou melhorar o desempenho de uma máquina de preparo mínimo do solo a partir da avaliação de ponteiros com diferentes ângulos de ataque e profundidades das hastes dianteiras. Objetivou, ainda, determinar as diferenças existentes entre o trabalho realizado pela máquina e um sistema de preparo convencional de solo.

Os resultados obtidos mostraram que a máquina, independente da haste utilizada, possui um eficiente sistema de corte de resíduos de cultura e vegetação na superfície do presente no terreno. Verificou-se também que é possível um trabalho mais superficial das hastes dianteiras de um escarificador sem prejuízo significativo da área mobilizada no solo.

A máquina de preparo mínimo do solo, por não revolver o solo, deixou na superfície significativa quantidade de resíduos e controlou de forma satisfatória a infestação de plantas invasoras.

No que tange à mobilização do solo, a máquina de preparo mínimo de forma geral, deixou o solo menos desagregado que o sistema de preparo convencional.

1. INTRODUÇÃO

O efeito ambiental provocado pela exploração econômica dos recursos naturais, com danos irreparáveis causados ao meio ambiente, leva-nos a repensar não apenas o conceito de progresso como também estudar novas formas de convívio e a relação homem/natureza. A importância da questão, de caráter universal, provocou a realização no Rio de Janeiro da ECO 92.

O processo de desgaste dos recursos naturais, dentre os quais, a exploração agropecuária, com a adoção de tecnologias sem nenhuma adaptação, causou de forma comprometedora a desagregação de parte considerável dos solos agrícolas no Brasil. Pois, como comenta SHIKI (1984) "a maioria dos equipamentos não sofreu modificações no seu projeto original para uso em solos plásticos de regiões tropicais".

Dentre as operações agrícolas, o preparo inadequado do solo é comprovadamente a que mais causa erosão, gerando grande demanda em alternativas eficientes para a conservação

dos solos - principalmente - porque as consequências desse processo se estendem muito além das propriedades agrícolas.

Como consequências diretas dessa ação destruidora destacam-se de forma visível e quase imediata o assorimento de rios, reduzindo-lhes o potencial hidroenergético e a navegabilidade, bem como a contaminação da água de mananciais por agrotóxicos levados pela água das chuvas misturada com terra.

Devido essa crescente necessidade de tecnologias eficientes para a conservação dos recursos naturais e mais agudamente dos solos cultivados, tem-se buscado opções de sistemas de preparo do solo que provoquem menor desagregação do solo e conservem maior quantidade de cobertura morta na superfície, afim de reduzir o processo erosivo.

Entre as alternativas existentes, destacam-se os sistemas de preparo mínimo do solo, definidos como processos de movimentação parcial do solo, e a técnica do plantio direto. O preparo mínimo é um sistema viável técnica e economicamente, cuja maior limitação está nas máquinas existentes, com adoção possível numa área territorial bem maior, já que o plantio direto não se adapta bem na maioria regiões devido ao solo e o clima.

O preparo mínimo é um sistema de preparo do solo que revolve pouco o solo, porque é realizado com implementos de hastes estreitas. Permite, pois, que o solo permaneça coberto com resíduos de culturas, protegendo-o contra a erosão.

Com vistas voltadas para essa problemática, deu-se a origem deste trabalho que procura estudar o desempenho de uma máquina de preparo mínimo, bem como, comparar o seu resultado ao produzido por um sistema convencional de preparo do solo.

A proposta baseia-se em experiências que confirmam que o preparo do solo realizado por implementos de hastes estreitas, como os escarificadores e a máquina objeto deste trabalho, desagregam pouco o solo. Por promoverem parcialmente a inversão da faixa trabalhada, permitem que boa parte da cobertura morta permaneça na superfície. Requisitos, estes, que são exigidos para se qualificar um preparo do solo como conservacionista.

2. OBJETIVOS

1-Gerais

Otimizar e caracterizar o trabalho de uma máquina de preparo mínimo de solo (MPM) projetada por JUSTINO & MAGALHAES (1990), a partir da seleção e teste de diferentes ângulos de ataque para ponteira e profundidade das hastes dianteiras.

Estudar as alterações produzidas no solo, ou seja pelo trabalho realizado com a máquina de preparo mínimo para as duas ponteiras propostas e as duas profundidades das hastes dianteiras. Comparando-os entre si e com os resultados obtidos por um sistema de preparo do solo convencional (arado de disco e grade).

2-Específicos

a) Determinar qual ângulo de ataque das hastes propostas produz o distúrbio que se pretende do solo, ou seja; maior perfil mobilizado, maior diâmetro geométrico e maior presença de resíduos no solo após a operação de preparo.

b) Verificar a melhor composição do implemento entre duas profundidades das hastes dianteiras, a 17 cm e a 27 cm.

c) Comparar o trabalho produzido pelo implemento de preparo reduzido do solo, nas diferentes composições propostas, contra o trabalho produzido pelo preparo convencional do solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 Preparo do solo como causa de erosão

A constante exposição do solo à ação dos agentes climáticos é uma realidade na agricultura sulbrasileira, principalmente nas regiões de trigo/soja. Pesquisas levadas a cabo nos Estados Unidos demonstram que, no período de um ano, as gotas de chuva exercem na área de um hectare de solo nu, um impacto de energia equivalente a 25 toneladas de dinamite (MONDARDO et al., 1977).

O impacto sócio ambiental pelo uso da motomecanização no Brasil, pode ser melhor entendido através de uma visão retrospectiva que passa pela adoção de um padrão tecnológico de uso intensivo de capital representado pelas máquinas e insumos agrícolas (CASA JR., 1989).

As práticas de preparo do solo são importantes na resistência à erosão e no desenvolvimento das culturas. A não adoção de práticas conservacionistas adequadas provoca rápida degradação da matéria orgânica, dos nutrientes e das

características físicas do solo, tornando as lavouras muito suscetíveis a seca, SIDIRAS et al. (1981).

VIEIRA (1985) considera que dos fatores que influem sobre a erosão talvez seja o preparo do solo um dos mais importantes, porque dependendo do tipo de implemento, da intensidade e da forma de uso, o solo apresenta determinado comportamento, que repercutirá na produtividade das culturas e erosão do solo. Argumenta ainda que, devido aos efeitos e variáveis envolvidas, há necessidade de soluções diferenciadas para cada região.

Hoje, principalmente pela prática do plantio direto, sabe-se que não é necessário, forçosamente, que o solo seja mobilizado para que as plantas atinjam condições apropriadas de desenvolvimento (Casão Jr et al., 1990).

3.2 - Sistemas de preparo mínimo e reduzido do solo

Para um sistema ser qualificado de preparo mínimo, uma quantidade mínima de 20 a 30% de resíduos de cultura deve ser deixada sobre a superfície do solo, sendo que uma parte será incorporada de 7 a 10 cm de profundidade (HAYES, 1982).

LOMBARDI NETO et al. (1988) avaliaram perdas por erosão de solo numa área coberta com diferentes quantidades de resíduos de milho. O experimento foi realizado em um Latossolo Roxo. Os autores verificaram que as perdas de solo com a presença de 2000 kg/ha de resíduos de milho teve uma redução de 50% e para 8000 kg/ha de resíduos a redução de solo foi de 90%. Concluem que a presença de resíduos de milho reduz as perdas de solo.

No entendimento de VIEIRA (1987), o cultivo reduzido do solo é aquele sistema em que o revolvimento pelos implementos de preparo permitem a permanência de percentagens altas de cobertura vegetal, viva ou morta, na superfície do solo; porém, movimentam demasiado o perfil do solo para que sejam definidos como plantio direto.

ORTIZ-CANAVATE (1980) descreve o cultivo mínimo como sendo a realização simultânea de várias operações, orientadas a deixar o terreno em condições de semeadura com o mínimo indispensável movimento do terreno.

Para MAZUCHOSWSKI & DERPSCH (1984) escarificação é um tipo de preparo reduzido que deve romper o solo da camada arável, entre 10 e 30 cm. Utiliza hastes cuja altura varia de 70 a 80 cm, e o espaçamento máximo entre as mesmas deve ser de 20 a 25 cm, para se obter um bom controle das ervas invasoras e distúrbio do solo. Este método de preparo visa

proteger o solo da erosão pela não incorporação total da resteva da cultura anterior e romper camadas compactadas a profundidades de 10 a 20 cm.

JUSTINO & MAGALHAES (1990) desenvolveram uma máquina para o preparo mínimo do solo, buscando, com isso, torná-lo possível numa única operação. Tal máquina possui além das hastes escarificadoras, um rolo destorroador na parte traseira e um rolo de corte à frente das hastes para evitar embuchamentos em áreas com grande presença resíduos culturais.

3.3 - Comparações entre tipos de preparo solo

Os implementos de hastes, de diferentes modelos, podem deixar remanescentes sobre o solo níveis de cobertura semelhantes. Aumentos da rugosidade superficial do solo bastante diferenciados para a operação com subsolador 125%, escarificador com 115% e escarificador com complementos 25% (FONTANA et al., 1986).

DERPSCH et al. (1982) em trabalhos de avaliação de implementos, verificaram que foram os escarificadores que deixaram o solo mais protegido com resíduos de culturas. Na avaliação da porcentagem de resíduos presentes na superfície do solo, após o preparo, deixaram 77%, contra 31 e 37% para operações com grade pesada e arado de disco respectivamente.

MIRANDA (1986) concluiu que o uso do escarificador com complementos apresentou uma rugosidade superficial do solo semelhante àquelas obtidas no preparo com grades e solo sem preparo. O autor recomenda que se realizem pesquisas sobre elementos rompedores, elementos destorreadores e discos cortadores para uso em equipamentos de preparo reduzido do solo.

DERPSCH et al. (1982) verificaram que após o preparo do solo e antes da gradagem, o índice de rugosidade foi superior no caso da escarificação em relação ao preparo com arado de disco e grade, num experimento que avaliou os rendimentos de soja e trigo durante 4 anos. Os rendimentos das culturas no tratamento com escarificador foi semelhante e em alguns anos superior ao preparo do solo com arado de disco e grade.

SIDIRAS & VIEIRA (1983) estudando dados de infiltração de água no solo medida na superfície, em quatro épocas diferentes, num experimento com duração de 5 anos, em solo classificado como Latossolo Roxo, observaram que:

- nas faixas sob-rodas, nas duas épocas finais em três tipos de preparo do solo, a infiltração foi bastante reduzida. No preparo convencional do solo os valores foram mais baixos que no plantio direto e escarificação.

DERPSCH et al. (1984) em estudos conduzidos em Latossolo Roxo, com o objetivo de avaliar diferentes implementos de preparo do solo no que se refere a rendimento, gasto de combustível e efeitos sobre o solo, após sete anos de preparo do solo com escarificação, plantio direto e preparo convencional concluíram que:

- o preparo mínimo (plantio direto e escarificação) resultou na média dos anos, em rendimentos superiores do que o preparo convencional;

- o consumo de combustível por hectare foi significativamente menor no caso do escarificador do que no preparo do solo com arado;

- no tratamento com escarificação a superfície do solo apresentou maior rugosidade superficial, ficando também maior proporção de resíduos vegetais na superfície do que no preparo convencional;

- o escarificador conseguiu quebrar com maior facilidade as camadas adensadas detectadas no solo, sem provocar pé da arado;

- o controle de plantas invasoras pelo escarificador foi inferior ao verificado para o preparo convencional e grade pesada.

ALMEIDA (1991) relata que o tipo de preparo do solo influencia na composição do complexo florístico. A inferência em função do trabalho realizado no terreno submentido ao preparo convencional (uma aração e duas

gradagens), preparo reduzido (uma escarificação e duas gradagens) e preparo nulo (vegetação morta com herbicidas de contato). Observou ainda que, sessenta e três dias depois das operações de preparo, a densidade de infestação de plantas invasoras no preparo reduzido foi de 213%, era muito semelhante ao preparo convencional com 187%, superiores a encontrada no preparo nulo.

SORRENSON & MONTOYA (1990) analisaram os custos de um experimento em Londrina no período de 1977 a 1984. O objetivo do experimento era testar 4 sistemas de rotação de soja, sob preparo convencional, preparo mínimo e plantio direto. Os autores verificaram que os custos anuais foram maiores para o plantio direto em relação ao preparo convencional e preparo mínimo (com uso de escarificador), 4 e 10% respectivamente. Constataram, no entanto, que o retorno econômico foi mais alto para a área sob plantio direto e preparo mínimo, superiores em 488 e 254% em relação ao preparo do solo convencional.

DALLMEYER et al. (1989) num experimento com 12 diferentes tipos de preparo do solo incluindo arado, grades, enxada rotativa, escarificador e subsolador, para avaliar a rugosidade da superfície do solo arado, efetuaram amostragens com 200 pontos por parcela em 1m². Observaram que os maiores Índices de Rugosidade ocorreram nos

tratamentos com grade pesada e escarificador, seguidos de arado de disco.

BOLLER (1990) observou em trabalho num Latossolo vermelho escuro, preparado exclusivamente com escarificador, que o efeito dos mecanismos abridores de sulcos para fertilizantes e sementes e as rodas compactadoras da semeadora, foi semelhante ao verificado após a passagem de um arado de disco ou escarificador mais duas gradagens".

3.4 - Avaliações da operação de preparo do solo

BENEZ (1983) sugere que em pesquisas que envolvam operação de cultivo mínimo sejam adotados algumas avaliações consideradas importantes. Considera como relevante o registro de plantas invasoras antes e após o preparo do solo.

GUPTA & LARSON (1982) citados por Gamero (1989) propuseram um método para avaliar os efeitos do preparo do solo, a partir da determinação do seu diâmetro médio geométrico. GAMERO (1989) adaptou e sugere esta metodologia que avalia quantitativamente o efeito dos implementos de preparo de solo. O método adaptado consiste em se coletar o solo preparado numa caixa de papelão de 300 mm de lado por 200 mm de altura. A caixa é seca em estufa e o solo

peneirado. Com o uso de uma equação matemática proposta por GUPTA & LARSON, determina-se o diâmetro médio geométrico. O autor verificou que os resultados mostraram-se sensíveis aos diferentes tipos de preparo do solo.

A cobertura do solo por resíduos da cultura anterior desempenha um papel fundamental na conservação do solo e da água. Entre três métodos testados por LAFLEN et al. (1981), o método da linha graduada disposta transversalmente foi o que mostrou representar de forma mais fiel a cobertura existente sobre o solo. Os outros dois métodos usados na sua comparação foram o da régua e o fotográfico.

3.5 - Operação de arados escarificadores e cinzêl

SILVA & MUTTI (1983) conduziram experimento num Latossolo Roxo, textura argilosa, com um arado de cinzêl de 5 hastes distanciadas de 45 cm, a velocidades de 3,4; 4,7 e 6,4 km/h e profundidades de 16 cm e 21 cm. Constataram redução no coeficiente de força de tração para profundidade de trabalho maior, causado pelo aumento desproporcional da área mobilizada em relação ao acréscimo de força. Ao considerar o coeficiente de resistência à tração os autores concluem que a velocidade mais aconselhável é de 4,7 km/h. Registraram também, que o arado de cinzêl mobilizou 64% da

área do perfil trabalhado ao que recomendam a redução da distância entre as hastes para aumentar a eficiência na mobilização do solo.

GAMERO (1989) trabalhou com diversos implementos de preparo do solo com a finalidade de qualificar o efeito destes sobre a desagregação do solo. As velocidades de trabalho utilizadas foram: para o escarificador com rolo destorroador e escarificador sem o rolo, 3,65 km/h e 4,62 km/h respectivamente. O autor verificou diâmetro médio geométrico semelhante para ambos.

Ao trabalhar com 4 tipos de hastes; jumbo, cruzador, pé-de-pato e um protótipo tipo "paraplow", KLEIN (1990), não encontrou diferenças quanto ao perfil do solo mobilizado e coeficiente de resistência a tração. No mesmo trabalho não foram registradas diferenças significativas para o diâmetro médio geométrico e porcentagem de cobertura do solo. Em virtude da semelhança observada entre os quatro tipos de hastes, o autor conclui pela viabilidade do protótipo.

HOOGMOED (1982) avaliou um conjunto de implementos de preparo do solo, dentre eles vários escarificadores, e observou que os escarificadores com menor ângulo de ataque mostraram mais facilidade de penetração. O autor testou escarificadores com e sem disco de corte à frente das hastes

num área infestada com capim marmelada ou papuã (*Braquiaria plantaginea*). Verificou que os escarificadores sem disco de corte embuchavam facilmente, ao contrário dos com disco de corte onde o embuchamento não ocorria. O capim era cortado em pedaços e o implemento passava livremente. O teste foi repetido quando o capim marmelada se apresentava bem desenvolvido, com grande quantidade de biomassa, sendo que neste caso alguns embuchamentos foram registrados também nos escarificadores com disco de corte.

3.6 - Desempenho dos implementos de hastes em função da geometria

Em ensaios conduzidos em campo e laboratório, com implementos de ângulo de ataque das hastes que variaram de 20° a 160° e relação profundidade largura de 1.5:1 a 6:1 PAYNE & TANNER (1959) verificaram que:

- a eficiência no distúrbio do solo variou em termos com as proporções da ferramenta, mas foi extremamente sensível às alterações no ângulo de ataque sendo registrado um aumento oito vezes maior a 160° em relação a 20° ;

- foi observado também que a força de tração quando os ângulos de ataque estavam na faixa de 20° a 50° sofreu pouca variação, mas após , foi registrado um crescimento muito rápido sendo que na inclinação de 160° o esforço de tração foi 5 vezes maior que a 20° .

SOEHNE citado por GILL, VANDER BERG (1968) encontrou uma curva da relação ângulo de ataque versus força de tração onde observa que a mesma descreve uma trajetória tendo como ponto mínimo de tração um ângulo de ataque próximo de 15° a 20° .

GOODWIN & SPOOR (1977) na busca de um modelo para estimar a profundidade critica observaram :

- que ao trabalhar com implementos com ângulos de ataque de 45° , 67.5° e 90° , num solo não compactado a força horizontal de tração foi menor para o ângulo de 45° em relação ao de 67.5° e este menor em relação a 90° , para ferramentas com 12.7, 25.4 e 50.8 mm de largura. Também pela ordem ocorreu uma maior distância de ruptura do solo para o ângulo de 45° seguido do de 67.5° contra o ângulo de 90° ;

- em experimentos em caixa de solo verificaram uma cunha de solo compactada a frente de cada ferramenta para todos as larguras e ângulos de ataque;

- um decréscimo no ângulo de ataque causou um incremento na profundidade critica para uma relação fixa de profundidade e largura;

- a profundidade critica é muito sensível à mudanças na densidade do solo e ângulo de atrito interno.

SPOOR & GODWIN (1978) trabalhando com subsoladores comuns em dois tipos de solos, numa condição friável, registram uma profundidade critica que varia entre 5 a 7

vezes a largura da ferramenta do implemento. Para um completo distúrbio do solo, sem a adição de asas, o espaço entre as hastes deve encontrar-se na faixa de 1 a 1.5 vezes a profundidade de trabalho.

Em trabalho conduzido pelos mesmos autores, em solo argiloso com uma mesma haste, duas profundidades 30 e 50 cm e mesmo ângulo de ataque da ponteira e largura da ferramenta de 22° e 7.5 cm respectivamente, observaram que o distúrbio do solo foi idêntico para a profundidade de 30 cm. Quando o trabalho foi a profundidade além da profundidade crítica, o modelo de ruptura próximo a superfície dependeu sobretudo da largura e ângulo de ataque da haste antes que da ferramenta.

Ainda segundo os mesmos autores, quando o ângulo de ataque da ferramenta usado foi de 25°, o solo é movido no sentido ascendente e com ângulo de 70° houve um aumento considerável da compactação.

Para Beltrame (1983) a melhor eficiência apresentada pelo subsolador Jumbo provavelmente decorra do ângulo de inclinação da relha 21° e da relação largura profundidade de trabalho (7,8 x 37), comparado aos subsoladores Krause e Max-503, com ângulo de 26° e 45° e relação largura profundidade (13 x 23) e (5 x 17) respectivamente.

SILVA et al. (1984) estudaram a relação entre o esforço de tração e a profundidade de trabalho de subsoladores e registraram uma alta correlação entre os dois fatores. Também registraram um menor esforço de tração para a haste do tipo parabólica.

SOUZA (1989) estudou a distribuição de forças em um subsolador quando alguns parâmetros geométricos são variados. Realizou, também, uma avaliação da influência destes sobre o desempenho do subsolador. Conclui que a adição de asas na ponta do subsolador aumentou significativamente a área do solo mobilizado e consequentemente a força resultante; porém não percebeu de forma constante redução na resistência específica. Segundo o mesmo autor não foi observada nenhuma correlação entre a altura de levante da asa e a área transversal de elevação superficial do solo e consequentemente com relação ao rearanjo entre torrões do solo também. O ângulo de 25° de ataque da asa foi mais apropriado para a condição estudada.

Num trabalho realizado em solo classificado como Terra Roxa Estruturada (LANÇAS & BENEZ, 1989) verificaram que as hastes parabólicas mobilizam mais o solo, enquanto a haste reta inclinada a 45° apresentou menor dispêndio de energia.

4. ASPECTOS TEÓRICOS DA PROPOSTA DE TRABALHO

4.1 Critério de escolha e dimensionamento das hastes e ponteiros

Esta proposta de trabalho esta baseada no presuposto pelo qual diferentes ângulos de ataque para as ponteiros das hastes produzem diferentes tipos de mobilização do solo. Essas diferenças referem-se à área mobilizada, a resistência à tração e ao tamanho dos agregados. Tais fatores, por sua vez, podem repercutir na cobertura do solo existente sobre a superfície, e nas rugosidades da superfície e subsuperficial (leito do solo não mobilizado).

MCKYES (1985) propõe um método para determinação de esforços em hastes estreitas. O autor ompilou em um livro, trabalhos dele próprio e outros autores, entre os quais Payne & Tanner (1959), Reece (1965), Hettiaratchi et al. (1966), Hettiaratchi & Reece (1967) e (1974) e Godwin & Spoor (1977). O método baseia-se nos principios de Mohr e

Coulomb, e utiliza uma sequência de fórmulas derivadas da equação universal de movimento do solo proposta por Reece (1965) e baseada na teoria da mecânica dos solos de Terzagui (1943).

4.2 Fundamento teórico

Para ferramentas estreitas o comportamento da dinâmica de ruptura do solo apresenta-se na forma tridimensional HEETIARATCHI et al.(1966), GOODWIN & SPOOR (1977) e MAKEYS et al. (1977). A ruptura causada por uma ferramenta estreita ocorre, então, nos sentidos ascendente e para as laterais.Quando isso não ocorre, a ferramenta apenas desloca uma estreita faixa, comprimindo o solo lateralmente na dimensão da sua largura e sem o movimento ascendente. Diz-se então, que está trabalhando abaixo da profundidade crítica (PC).

A profundidade crítica, desta forma, vem a ser a profundidade limite, para a qual o solo não se desagrega nas três direções. OWEN (1988), observou a presença da profundidade crítica tanto em solos argilosos como arenosos. Nos solos arenosos a PC é mais profunda que a encontrada nos argilosos.

Outro aspecto relevante sobre a P.C., é que esta é função entre outros fatores, da condição de adensamento,

tipo e umidade do solo. Pode variar ainda com as dimensões da ferramenta, ou seja, se a largura de uma ferramenta é alterada para uma mesma condição de solo, a profundidade critica também se altera SPOOR & GOODWIN (1978).

O ângulo de ataque das ponteiros é apontado por vários autores como causa das variações observadas nos esforços de tração (PAYNE & TANNER, 1959 e GIL VANDEN BERG, 1968), além de influir no grau de mobilização do solo CHICHESTER et al. (1985).

4.3 Seleção e dimensionamento das hastes e ponteiros

4.3.1 Seleção

A partir de indicadores obtidos da revisão da literatura foram selecionados dois ângulos de ataque e as ponteiros dimensionadas para o solo onde o trabalho foi realizado.

Os indicadores utilizados foram obtidos, principalmente, de PAYNE & TANNER (1956) onde observaram em seu trabalho que ângulos de ataque entre 20 e 50° diferiram pouco quanto a força de tração e que a partir de 70° ocorreu um incremento muito grande, e GOODWIN & SPOOR (1977) que a distância de ruptura do solo a frente da ferramenta foi maior para os ângulos de 45 e 67,5 graus em relação ao ângulo de 90°.

Optou-se então pelos ângulos de 45° e 65° graus e hastes rígidas. Foi levado em conta o fato da (MPM), como foi proposta por JUSTINO & MAGALHAES (1990), já possuir hastes flexíveis e ângulo de 20° para as ponteiras.

REECE (1965) citado por MACKEYS (1985), identificou que o método para se determinar a capacidade de carregamento de fundações rasas descrita por TERZAGHI, era similar ao processo da mecânica de movimentação do solo. Após reordenar os efeitos de carga e solo, REECE propôs a Equação Universal de Movimentação do Solo (1), que fornece a força necessária ao corte e mobilização do solo por um implemento em movimento.

$$P = (\gamma \cdot g \cdot d^2 \cdot N_s + c \cdot d \cdot N_c + q \cdot d \cdot N_a) \cdot w \quad \text{eq. (1)}$$

onde: P = força de tração total do implemento

γ = densidade global do solo

g = aceleração da gravidade

c = coesão do solo

d = profundidade de trabalho

q = pressão de sobrecarga vertical que atua sobre a superfície do solo

w = largura do implemento

N , Nc e Nq = são fatores dependentes da força de atrito do solo, geometria do implemento e forças

presentes na relação implemento/solo.

HETTIARATCHI & REECE (1967) formularam um procedimento de cálculo para determinação dos esforços em ponteiras estreitas. O procedimento considera a ruptura do solo nessas ferramentas como um modelo tridimensional, e a forma dessa ruptura lateral curva, Equação (2).

$$H = (\gamma g d^2 N \gamma + c d N c + q d N q + c a d N c a) w \sin (\alpha + \phi) \quad \text{eq. (2)}$$

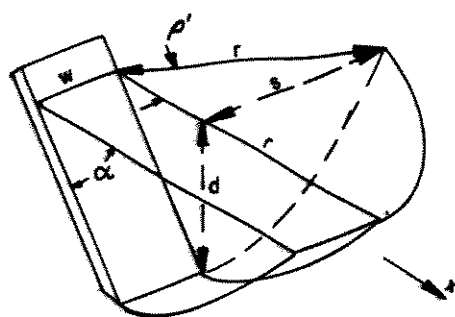
$$+ c a d w \cot \alpha + P_2 \sin \alpha$$

4.3.2 Dimensionamento

GOODWIN & SPOOR (1977) constataram que a forma da ruptura lateral descrita anteriormente por Payne (1956) não era perfeitamente circular. Propuseram então uma forma elíptica como a mostrada na Figura 1. E, com isso, o cálculo da força total do implemento considerando a existência da área para os dois lados da ferramenta como mostra a Equação (3).

$$H = (\gamma g d^2 N \gamma + c d N c + q d N q + c a d N c a) (w + s) \sin (\alpha + \phi) \quad \text{eq. (3)}$$

$$+ c a d w \cot \alpha$$



R = raio da ruptura lateral
 S = distância máxima de ruptura lateral
 α = ângulo de ataque
 W = largura da ferramenta
 ρ = ângulo de ruptura lateral

FIGURA 1 - MODELO TRIDIMENSIONAL DE RUPTURA DE SOLO PROPOSTO POR GOODWIN & SPOOR (1977).

Para se determinar a força exigida como mostra a Equação (3) faz-se necessário o cálculo da distância de ruptura lateral Equação (4). Essa medida é também imprescindível na escolha do espaçamento entre as hastes do implemento. GOODWIN et al. (1984) observam que Payne & Tanner (1959), em trabalhos realizados verificaram a magnitude da distância de ruptura lateral do implemento estar aproximadamente na mesma proporção da profundidade de trabalho do implemento.

GOODWIN et al. (1984) trabalharam em caixa de solo com diferentes profundidades de trabalho para as hastes dianteiras e verificaram que é possível obter uma interação entre as hastes e obter redução da força de tração e perfil mobilizado semelhante. As áreas obtidas pelo modelo teórico estão na Tabela 1 e os perfis no Anexo 25.

a) distância de ruptura para as hastes rígidas "S"

Equação (4).

$$S = r [1 - (d \cot \alpha / r)^2]^{1/2} \quad \text{eq. (4)}$$

TABELA 1. - Perfil mobilizado teórico obtido pelo método de Goodwin & Spoor (1977).

Tratamento	Area (cm ²)
MR1	5.756
MR2	4.813
MR3	5.169
MR4	4.332

b) Força de tração necessária para a haste de 45° e profundidade de trabalho de 27 cm obtida pela Equação (3) foi de 7 KN para uma haste. O total de 35 KN de força de tração para 5 hastes, ou seja, para se tracionar um implemento de 5 hastes com estas características e o solo em condições semelhantes.

A determinação da força de tração serve como uma referência para o técnico responsável pela seleção do trator e/ou implementos a serem utilizados em algumas condições de solos agrícolas, ou seja, os solos que foram contemplados nos trabalhos citados.

5. MATERIAL E METODOS

5.1 SOLO

O ensaio foi conduzido na área de experimentação do Centro de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA) da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, localizado na quadra QE-1 em um Latossolo Vermelho Escuro com declividade de 1,5 %.

O histórico da área a partir de 1983, com as principais atividades de mecanização ali desenvolvidas são mostradas na Tabela 2. Nos anos de 1985/86 e 1987 não foi realizada nenhuma atividade agrícola na área.

As análises físicas e mecânicas mostradas nas Tabelas 3 e 4, foram realizadas pelo Laboratório de Solos e Laboratório de Mecânica de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP e pelo Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia de Transportes da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP.

TABELA 2. Atividades desenvolvidas na área experimental a partir de 1983.

Ano	Atividade	Cultura
1983	Uma aração e duas gradagens	milho
1984	Aplicação de calcário magnesiano 3ton/ha	-
1988*	Uma aração e três gradagens	milho
1989*	Uma aração e três gradagens	milho
1990*	Uma aração e três gradagens	milho

* A terceira gradagem foi para incorporar inseticida
ensaio de controle de pragas do solo.

5.2 - Máquina e implementos usados no preparo do solo.

No preparo do solo convencional foi utilizado um arado de disco reversível com três discos de 28" de diâmetro regulado para 20 cm de profundidade de trabalho. Uma grade leve, tipo tandem de levante hidráulico, com dez discos recortados à frente e dez discos lisos na seção traseira da grade. Discos com 18" de diâmetro.

Para o preparo mínimo do solo utilizou-se a máquina de preparo mínimo de solo construída por JUSTINO &

MAGALHAES (1990). Essa máquina compõe-se de três segmentos principais, sendo: um rolo de corte frontal; um rolo destorroador na parte traseira, ambos com 40 cm de diâmetro, e um chassi com as funções de porta hastes escarificadoras e união entre os rolos, de corte e destorroador. A regulagem do espaçamento entre hastes foi de 37 cm, obtida através do modelo de Goodwin & Spoor (1977). Figura 2.

TABELA 3. Densidade global do solo.

=====	
Profundidade	Média
(cm)	(g/cm ³)
<hr/>	
0 - 15	1,27
15 - 30	1,40
<hr/>	

5.3 - Area do perfil mobilizado

Utilizou-se um perfilômetro de alumínio com 40 hastes espessadas de 3,5 cm, construído por SOUZA (1989), com uma adaptação no suporte constituída de uma viga de 3m de comprimento, placas de apoio e alças nas extremidades. Com 3 cachimbos deslizantes, o perfilômetro abrange três metros de largura. Adicionou-se também um painel de cartolina, graduado e impermeabilizado, atrás das hastes indicadoras

afim de facilitar a leitura e permitir o uso de máquina fotográfica e filmadora.

TABELA 4. Propriedades físicas e mecânicas do solo e teor de umidade durante o preparo do solo.

Parâmetro		Média
Granulometria (USDA)		
- Areia grossa	%	6,7
- Areia fina	%	26,5
- Silte	%	7,2
- Argila	%	59,6
Teor de umidade à profundidade		
de trabalho dos implementos*	%	19,20
Resistência à penetração*	kgf/cm ²	29,79
Coesão do solo*	kpa	0,32
Ângulo de atrito interno*	graus	20

* O valor mostrado corresponde às médias obtidas.

No registro das cotas do perfil mobilizado foi utilizada uma filmadora Sharp Cancorder Modelo VL - 170 B, em operação apoiada num tripê, e para a leitura das fitas VHS, um video cassete Sharp Modelo VC - 726 B.

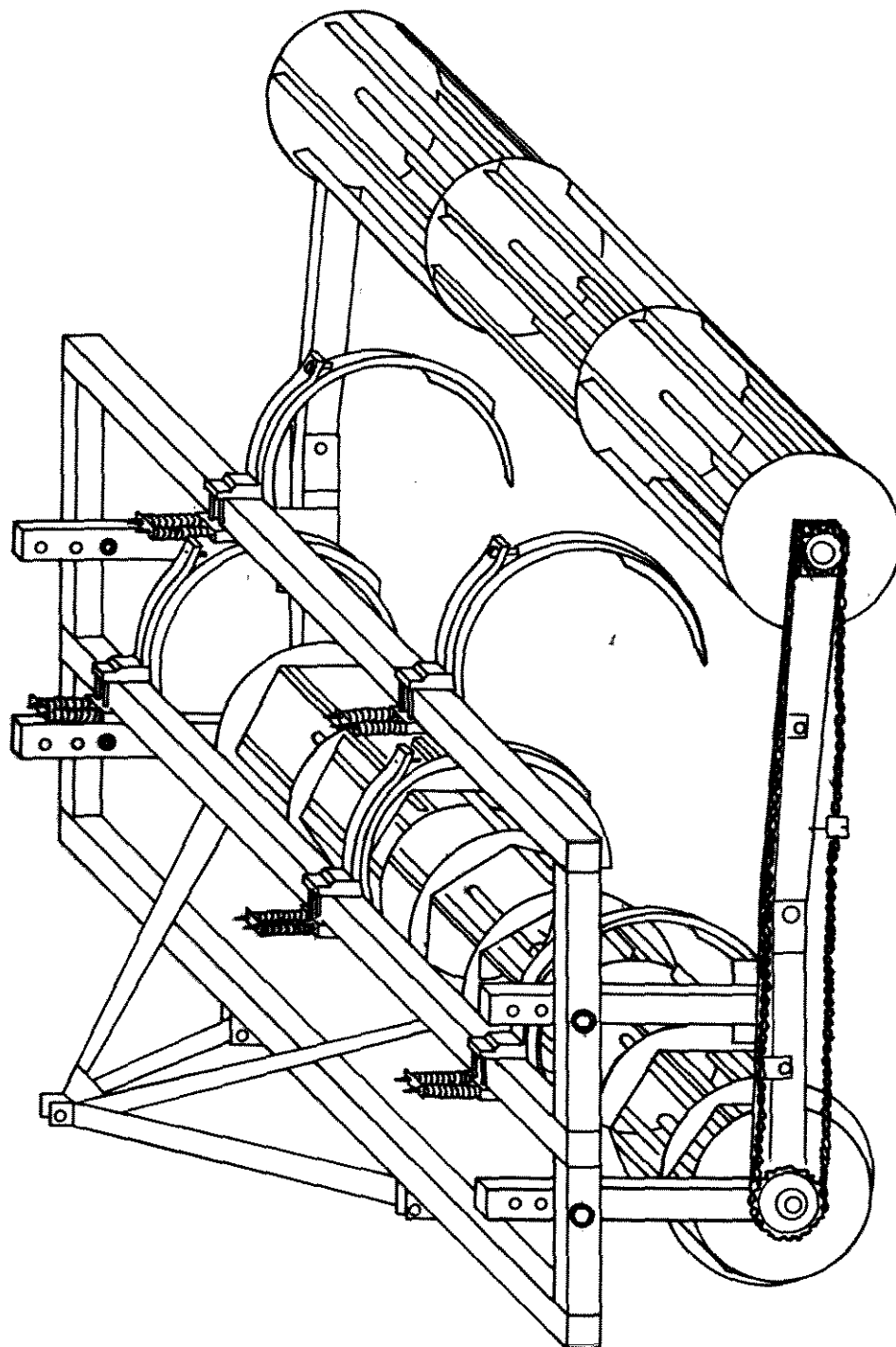


FIGURA 2. Máquina de preparo mínimo de solo utilizada no experimento.

O cálculo do perfil do solo mobilizado foi obtido pela diferença das cotas observadas antes do preparo do solo e as cotas registradas após o ensaio no perfil da subsuperfície. O perfil da subsuperfície foi registrado após a retirada com as mãos do solo perturbado. A área calculada é o produto da cota média "h" pela largura efetiva de trabalho do implemento "L".

$$A = h \cdot L \quad (\text{cm}^2)$$

$$h = [(I_1 - f_1) + (I_2 - f_2) + \dots + (I_n - f_n)] / N$$

onde:

A = área do perfil mobilizado (cm²)

h = altura média das hastes (cm)

L = largura de trabalho do implemento (cm)

I = altura da haste do perfilômetro no perfil
mobilizado (cm)

f = altura da haste do perfilômetro no perfil não
mobilizado (cm)

N = número de hastes

5.4 - Delineamento estatístico e análise dos dados

O delineamento estatístico usado foi o de blocos casualizados, com 7 tratamentos e 4 repetições totalizando 28 parcelas. O esquema de campo é mostrado na Figura 3.

Cada parcela apresenta 3m de largura e 30 m de comprimento o que proporciona uma área de 90 m². Dez metros entre as parcelas foram destinados para manobras e seis metros nas cabeceiras do ensaio para manobras do trator ou seja, espaço para o conjunto trator/implemento entrar em regime de operação.

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade.

5.5 - Tratamentos

Foram selecionadas 3 tipos de hastes: uma haste flexível/curva e ângulo de ataque de 20°, utilizada por JUSTINO & MAGALHAES (1990); duas hastes rígidas com ângulos de ataque de 45° e 65°, com ponteiros de 70 mm de largura dimensionadas segundo MCKYES (1985) selecionadas e

calculadas conforme descrito no capítulo 3, e mostradas nas Figuras 4 e 5. Na Figura 6 é mostrado o desenho esquemático de uma haste flexível, onde aparece as dimensões e a curvatura. O material utilizado na sua construção foi aço 1070.

Nos tratamentos com a máquina de preparo mínimo do solo (MPM), para os três tipos de hastes, o bloco posterior sempre trabalhou à profundidade de 27 cm. No bloco dianteiro as profundidades de trabalho foram de 27 e 17 cm, conforme mostra a Tabela 5. Nos tratamentos com hastes flexíveis foram utilizadas 3 na frente e duas atrás e nos tratamentos com hastes rígidas foram utilizadas 2 hastes frontais e 3 traseiras. O espaçamento entre as hastes foi o mesmo para todos os tratamentos ou seja 37 cm.

5.6 - Cobertura do solo

Para a avaliação da cobertura de solo utilizou-se o método adaptado de LAFEN et al. (1981). O método adaptado, também usado por JUSTINO (1990), consiste no uso de um barbante de 20m de comprimento com marcas a cada 0.20m. O barbante foi esticado na diagonal de cada parcela, contando-se o número de marcas coincidentes com a presença de matéria seca e/ou verde sobre a superfície do terreno.

P S C
M R 2
M R 1

M F 5
M R 3
M R 4
M F 6

BLOCO I

M R 3
M R 4
P S C

M F 6
M F 5
M R 2
M R 1

BLOCO II

M R 1
M R 3
M R 4

M R 2
P S C
M F 5
M F 6

BLOCO III

M R 4
M F 5
M R 1
M F 6

M R 3
P S C
M R 2

BLOCO IV

FIGURA 3. Croqui da área experimental com sorteio dos tratamentos

A porcentagem de cobertura de resíduos sobre o solo foi obtida pela diferença entre as porcentagens registradas antes e após a operação de preparo.

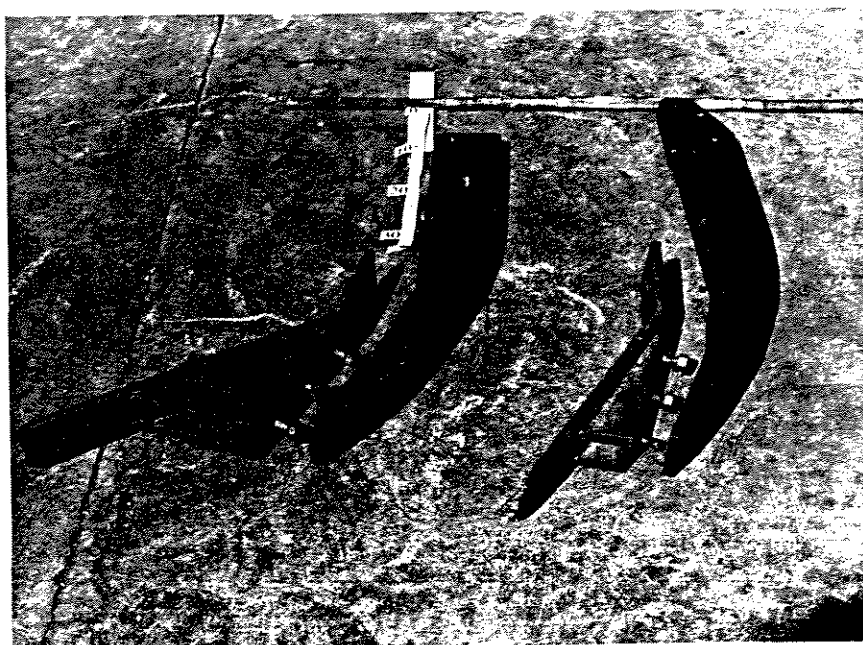


FIGURA 4. Hastes rígidas utilizadas para trabalho a mesma profundidade à esquerda (MR1 e MR3). A direita hastes dianteiras para trabalho 10 cm mais raso MR2 e MR4. A ponteira à esquerda com 45° (MR1 e MR2) e a direita 65° (MR3 e MR4).

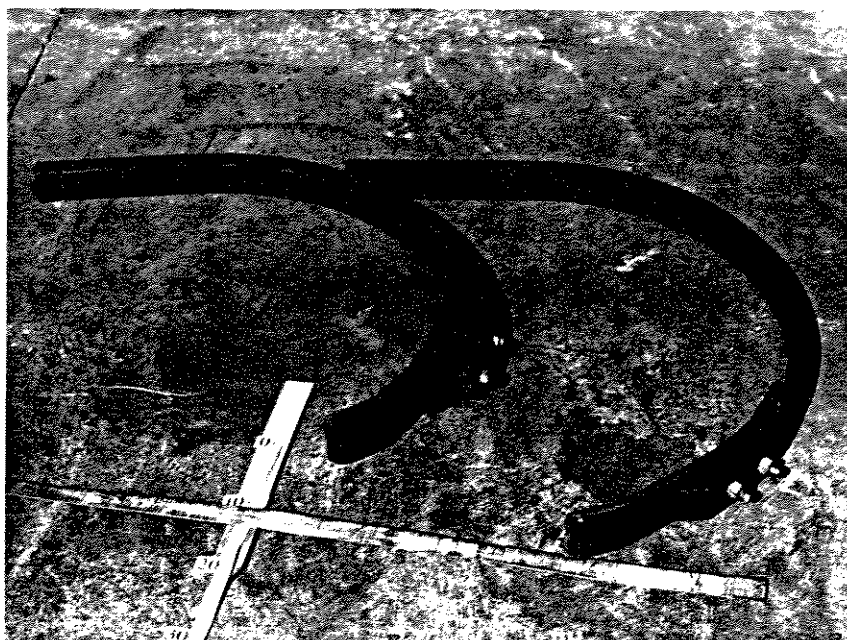


FIGURA 5. Hastes utilizadas nos tratamentos MF6 à direita, e à esquerda é mostrado um exemplar das hastes usadas no bloco frontal da MPM utilizada no tratamento MF5.

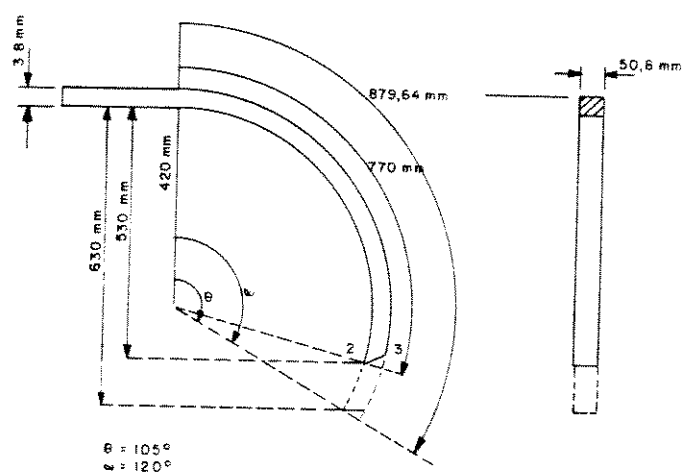


FIGURA 6. Desenho esquemático das hastes flexíveis.

TABELA 5. Tratamentos realizados no ensaio de campo.

TRATAMENTOS	FORMA DA HASTE	PROFUNDIDADE DE TRABALHO	
		DIANTEIRAS (cm)	TRASEIRAS (cm)
1 - MR1	Rígida-45°	27	27
2 - MR2	Rígida-45°	17	27
3 - MR3	Rígida-65°	27	27
4 - MR4	Rígida-65°	17	27
5 - MF5	Flexível-20°	27	27
6 - MF6	Flexível-20°	17	27
7 - PSC	Preparo Convencional do Solo*		

* Preparo convencional do solo; uma aração e duas gradagens.

Também foi registrado a massa da cobertura vegetal formada pela resteva do milho e a cobertura verde que espontâneamente se desenvolveu na área. Essas amostras foram coletadas em número de duas por parcela; utilizando-se para tanto, uma armação quadrada de madeira de 0,5m de lado. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos de aniagem e secas ao sol por 15 dias e em estufa a 65° por 24 horas para a determinação da massa seca.

5.7 - Resistência à penetração do solo

A resistência à penetração do solo foi obtida com um penetrômetro da marca da Soil Control, modelo SC 60, constituído de uma haste de 0,60 m de comprimento, ponta em forma de cone com ângulo de 30° e $0,20 \text{ pol}^2$ de área da base.

Procurou-se durante o teste manter a velocidade de penetração no solo constante.

5.8 - Velocidade de deslocamento durante o ensaio

A velocidade de deslocamento durante o ensaio foi calculada a partir da medida de comprimento da parcela e do registro do tempo necessário para o percurso.

O tempo referente a cada parcela foi registrado num cronômetro eletrônico da marca Casio modelo HS 20. Para a medida do espaço percorrido utilizou-se uma trena de 50 metros.

5.9 - Operação de preparo do solo

As operações de preparo do solo foram realizadas em 01/11/90. Foi utilizado um trator da marca Massey

Ferguson, modelo MF 296, com lastros nos pneus traseiros para tracionar os equipamentos. O trator trabalhou em 2.000 rpm no motor em 4a marcha reduzida, para todos os tratamentos com a máquina de preparo mínimo do solo. No tratamento em que foi utilizado o arado de disco, o trator operou em 3a marcha reduzida à 1.600 rpm no motor e na operação de gradagem a 2.300 rpm no motor e em 1a marcha simples.

O rolo destorreador operou com a relação de transmissão de 1:1,94, considerado por JUSTINO & MAGALHAES (1990) a mais adequada.

5.10 - Presença de plantas invasoras

A contagem de ervas invasoras foi efetuada com o emprego de uma armação de madeira com 0,5 m de lado. Foram realizadas três amostragens, escolhidas ao acaso no início, meio e fim de cada parcela.

Foi registrada a presença de plantas invasoras antes e após o preparo do solo. Após o preparo do solo, a contagem de invasoras deu-se nos sexto e décimo segundo dias, como recomenda Hoogmoed (1982).

5.11 - Porcentagem de agregados por classe de tamanho e diâmetro médio geométrico.

Para a obtenção da porcentagem de agregados por classe de tamanho e diâmetro geométrico utilizou-se a metodologia adaptada e proposta por Gamero (1989). Após o preparo do solo, cravou-se uma estrutura metálica quadrada de 200 mm de altura e 300 mm de lado, até que atingisse a profundidade de trabalho. Depois da remoção do solo das laterais externas da estrutura, introduziu-se uma lâmina na parte inferior removendo-a para o interior de uma caixa de papelão, com lateral basculante.

As amostras coletadas foram abertas e secas em estufa a 105° C, durante 24 horas. As amostras foram peneiradas num jogo de dez peneiras para a obtenção dos agregados por classe de tamanho e depois pesadas. Com os pesos retidos por classe de tamanho foram determinadas: a porcentagem retida em cada classe ($W_i\%$), e o Diâmetro Médio Geométrico (DMG), pelas equações que seguem.

$$a) \quad W_i = \frac{W_i \cdot 100}{\sum_{i=1}^N W_i}$$

$$b) \quad DMG \text{ (mm)} = \text{antilog} \left(\frac{\sum_{i=1}^N W_i \log d_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \right)$$

w_i = peso retido em cada classe de tamanho

d_i = diâmetro médio da classe

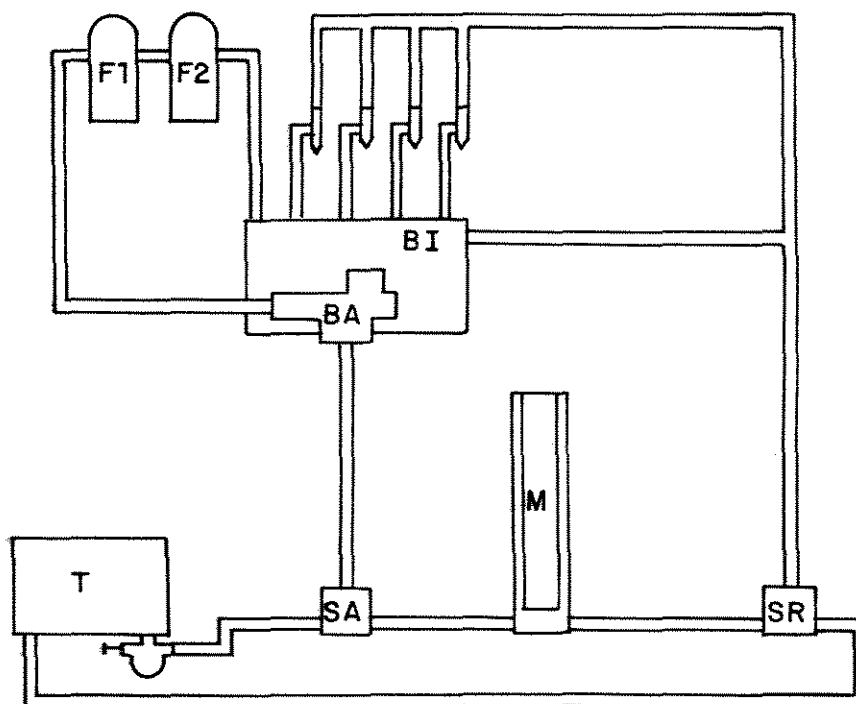
n = número de classes

5.12 - Consumo de Combustível

Para a determinação do consumo de combustível utilizou-se o aparelho construído por GAMERO et al (1986), o qual está mostrado na Figura 7. O aparelho é constituído de uma estrutura de madeira contendo uma proveta graduada de acrílico, cujo diâmetro interno é 5,08 cm e 50 cm de comprimento com divisões de 1 mm que correspondem a 2,082 cm³ de óleo diesel. O controle do fluxo de combustível é feito por duas válvulas solenóides de 3 vias, conectadas à bateria do trator. O abastecimento do trator é feito energizando-se somente a válvula solenóide do retorno e para se medir o consumo de combustível deve-se acionar as duas válvula simultaneamente.

Neste ensaio devido a um engano durante o trabalho a válvula de retorno não foi acionada fazendo com que junto ao consumo de combustível dispendido pelo trator fosse adicionado o volume correspondente ao retorno. Considerando, no entanto, que o consumo de combustível é um dado bastante específico de uma condição de solo e de um trator em

particular optou-se, então, pela inclusão dos dados no trabalho com essa ressalva.



- M = Medidor de combustível
- SA = Solenóide de alimentação
- SR = Solenóide de retorno
- T = Depósito de combustível do trator
- BA = Bomba alimentadora
- BI = Bomba injetora
- F1. F2 = Filtros de combustível

FIGURA 7. Esquema geral simplificado do aparelho medidor de combustível.

A unidade utilizada para a exposição dos dados de consumo de combustível registrados no trabalho, litros por hectare (l/ha), foi adotada apenas por ser uma unidade usual neste tipo de parâmetro. Visto que os dados obtidos somente tem razão de ser se forem comparados entre si, o seu maior valor é diferença verificada entre os tratamentos. O mesmo critério foi seguido para a adoção da unidade de consumo de combustível por unidade de área de solo mobilizada. Neste caso adotou-se mililitro por cm^2 , ou seja (ml/cm^2).

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 - Cobertura de solo

O efeito dos implementos sobre a cobertura do solo não mostrou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos com a máquina de preparo mínimo de solo (MPM). Cujos dados podem ser observados na Tabela 5.

Constatou-se, porém, uma diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, quando a comparação deu-se em relação ao tratamento com o preparo de solo convencional PSC e os tratamentos com a (MPM).

Os dados da avaliação expressam a ação dos implementos sobre a cobertura mantida, isto é, a diferença entre a cobertura verificada antes e a verificada após o preparo do solo.

Os dados registrados mostram uma significativa diferença entre os obtidos por JUSTINO & MAGALHAES (1990) visto que neste caso a presença de cobertura vegetal era bem menor. A diferença relaciona-se diretamente à quantidade de resíduos verificada antes do preparo do solo.

TABELA 5. - Cobertura do solo com resíduos vegetais nos tratamentos de preparo estudados.

TRATAMENTOS		COBERTURA
		(%)
1	MR1	77.89 a
2	MR2	72.45 a
3	MR3	75.84 a
4	MR4	70.55 a
5	MF5	79.60 a
6	MF6	78.52 a
7	PSC	15.42 b

O único ponto de embuchamento registrado no ensaio foi no tratamento MR1 na parcela do bloco três onde havia uma significativa presença de biomassa (12,8 ton/ha). O embuchamento ocorreu entre a haste lateral direita e a estrutura do implemento. verificou-se ainda que o rolo de

corte colocado à frente das hastes escarificadoras funcionou muito bem nos tratamentos utilizados. Hoogmoed (1982) observou que distâncias reduzidas entre o chassi e as hastes do escarificador facilitam consideravelmente os embuchamentos.

6.2 - Área média mobilizada nos tratamentos de preparo estudados

As áreas mobilizadas no solo nos tratamentos MR1 e MR2 apresentaram diferenças estatisticamente significantes quando comparadas com as áreas obtidas no tratamento MF6. Como pode se observa na Tabela 6.

O perfil mobilizado realizado pela máquina de preparo mínimo nos tratamentos MF5 e MF6, que por serem de hastes flexíveis podem ter sido prejudicados pela alta densidade global do solo, com densidades médias registradas na área do ensaio de $1,27 \text{ g/cm}^3$ para a profundidade de 0 - 15 cm e $1,40 \text{ g/cm}^3$ para 15 - 30 cm de profundidade. Outro fator a ser ponderado é que as hastes flexíveis por característica intrínseca possuem frequências naturais baixas, o oposto das hastes rígidas com frequências naturais altas.

Observou-se uma diferença entre as áreas dos perfis obtidos através do modelo teórico proposto por Goodwin &

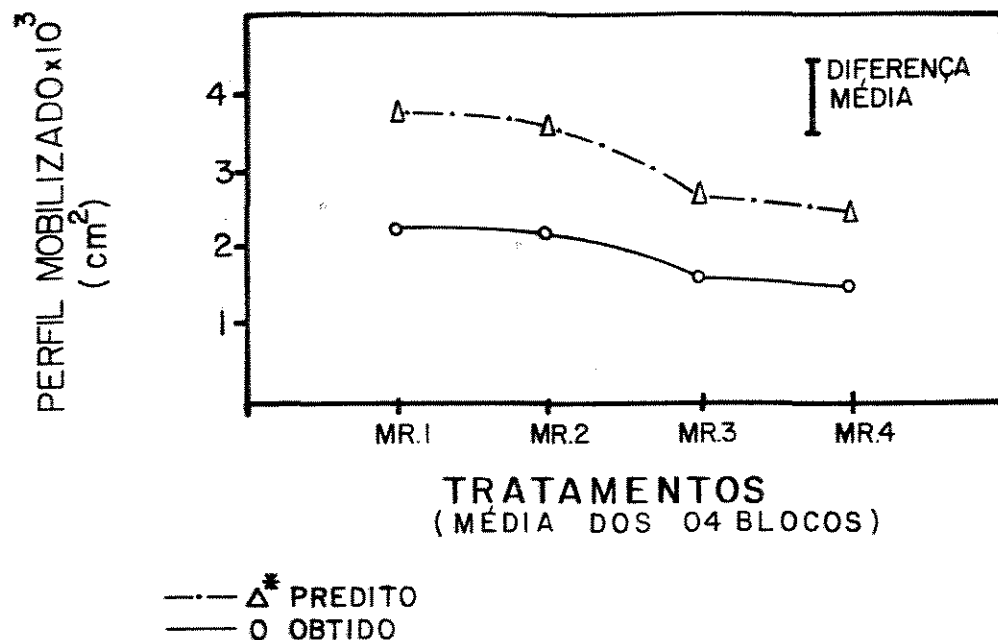
Spoor (1977) em relação às áreas dos perfis registrados no experimento. Como pode ser observado no Capítulo 4, nas páginas 24, 25, 26 e no Anexo 25.

Mesmo considerando-se que a comparação em relação aos modelos teóricos deva servir apenas como um balizamento, várias causas podem ser apontadas para que isso ocorresse. Dentre elas, pode ser citada a alta presença de vegetação, que pelo seu volume e enraizamento, propicia maior resistência ao solo, dificultando a ruptura do tipo tridimensional produto da ação das hastes estreitas. Notou-se também que as diferenças observadas estão muito próximas do que registraram GOODWIN et al. 1984, conforme mostra a Figura 8.

6.3 - Controle de plantas invasoras.

A presença de plantas invasoras expressa em plantas por m² é mostrado nas Tabelas 7 e 8. A Tabela 7 mostra a população de plantas por metro quadrado registrada 6 dias após o preparo do solo. Nesta tabela pode se verificar que os tratamentos MF6 e MF4 diferiram significativamente do tratamento PSC ao nível de 5% de probabilidade. Os demais, embora superiores numericamente, foram iguais estatisticamente. Um fator que deve ser considerado é a precipitação pluviométrica que ocorreu na área logo após o preparo do solo. A chuva propiciou o nascimento de ervas

correspondente mais a infestação natural do solo do que ao tipo de preparo do solo - tratamento - ao qual o solo foi submetido.



* OS PERFIS PREDITOS MOSTRADOS NO GRÁFICO FORAM AJUSTADOS EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE MÉDIA MÁXIMA OBTIDA A CAMPO. MÉDIA ESSA OBTIDA A PARTIR DOS 06 MAIORES VALORES DE CADA TRATAMENTO.

FIGURA 8. Gráfico comparativo dos perfis de mobilização do solo preditos pelo modelo de GOODWIN et al. (1977) e os perfis obtidos no ensaio de campo.

TABELA 6. - Area média mobilizada nos tratamentos de preparo estudados.

TRATAMENTOS		AREA (cm ²)
1	MR1	2109,0 a
2	MR2	1998,5 a
3	MR3	1738,5 ab
4	MR4	1733,0 ab
5	MF5	1603,7 ab
6	MF6	1189,0 b
7	PSC	1904,5 ab

A Tabela 8 mostra as médias das observações realizadas 12 dias após o preparo do solo. O registro da presença de ervas daninhas, passados 12 dias, não apresentou mais diferença estatística significativa entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

TABELA 7. - Presença de plantas invasoras por metro quadrado, com leitura seis dias após o preparo do solo.

TRATAMENTOS		NO DE PLANTAS (M ²)	
1	MR1	17,65	a b
2	MR2	22,65	a b
3	MR3	25,66	a b
4	MR4	32,98	a
5	MF5	20,34	a b
6	MF6	32,98	a
7	PSC	3,32	b

A ausência de diferença entre os tratamentos mostra uma clara tendência de uniformização da presença de ervas com o decorrer do tempo, após o preparo do solo. Um fator que deve ser considerado é a precipitação pluviométrica que ocorreu na área logo após o preparo do solo. A chuva propiciou o nascimento de ervas correspondente mais à infestação natural do solo do que ao tipo de preparo ao qual o solo foi submetido. Comportamentos semelhantes para trabalhos com escarificadores em solo coberto com resíduos registraram HOOGMOED (1982) e ALMEIDA (1991).

TABELA 8.- Presença de plantas invasoras 12 dias após o preparo do solo.

TRATAMENTOS		NO DE PLANTAS (M ²)
1	MR1	142,3 a
2	MR2	192,9 a
3	MR3	205,6 a
4	MR4	209,6 a
5	MF5	216,0 a
6	MF6	216,3 a
7	PSC	225,0 a

6.4 - Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados

Nos valores calculados para o DMG, observou-se diferença estatística entre o tratamento (MR1) em relação ao tratamento com preparo convencional do solo (PSC) e o tratamento MR4, conforme Tabela 9. Os valores encontrados assemelham-se aos encontrados por GAMERO (1989) e KLEIN (1990).

Os tratamentos MR1, MR2, MR3, MF5 e MF6 não diferiram estatisticamente para uma análise à 5% de probabilidade.

TABELA 9. - Diâmetro Médio Geométrico (mm)

TRATAMENTOS		DMG (mm)
1	MR1	25,54 a
2	MR2	18,10 a b
3	MR3	11,21 a b
4	MR4	6,67 b
5	MF5	12,96 a b
6	MF6	12,67 a b
7	PSC	5,90 b

Também não foi registrada diferença estatística entre os tratamentos MR2, MR3, MR4, MF5, MF6 e PSC. Na ausência de um referencial de reconhecida validade para as condições brasileiras, pode-se, no entanto, considerar a partir das informações de LARSON & SWAN citado por GAMERO (1989), que para a cultura do milho, em solos úmidos, aconselham um diâmetro médio geométrico dos agregados de 6 mm

na zona de semeadura. Outro aspeto a discutir é a observação de BOLLER (1990), de que mesmo se após a operação do preparo, o tamanho dos agregados for muito grande, somente o efeito dos mecanismos abre sulco das semeadoras mais o da roda compactadora podem deixar os agregados com diâmetros médios semelhantes a um preparo mais agressivo.

6.5 Porcentagens de peso retido por classe de agregados

Na análise estatística das porcentagens de peso retido por classe de agregados, as classes entre 1 e 6 não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Para as classes 7 e 8, apenas o tratamento PSC diferiu do tratamento MR1.

Para a classe 9, o tratamento PSC foi superior aos tratamentos MR1 e MR2. O tratamento MR4 foi superior ao tratamento MR1. Os tratamentos MR1, MR2, MR3, MF5 e MF6 foram semelhantes entre si. Também foram os dois grupos de tratamentos; o primeiro composto pelo MR2, MR3, MF5 e MF6 e o segundo grupo composto por MR3, MR4, MF5, MF6 e PSC. Tabela 10.

TABELA 10. Porcentagem de peso por classe de agregados.

TRATAMENTOS	CLASSE DE TAMANHO (mm) DE TORRÃO									
	(10)	(9,0)	(8,0)	(7,0)	(6,0)	(5,0)	(4,0)	(3,0)	(2,0)	(1,0)
	0 — 1,68	1,68 — 3,36	3,36 — 6,36	6,36 — 12,70	12,70 — 19,05	19,05 — 25,40	25,40 — 50,80	50,80 — 76,20	76,20 — 101,60	101,6 — 127
MR.1	17,47 a	5,82 c	3,65 c	3,30 b	2,71 a	2,86 a	8,61 b	9,07 a	8,11 a	38,12 a
MR.2	20,87 a	7,93 cb	5,03 cb	4,24 ba	2,94 a	3,45 a	10,03 ba	10,24 a	12,83 a	22,40 a
MR.3	30,84 a	9,56 cda	6,56 cba	4,91 ba	3,22 a	3,49 a	7,86 ba	10,13 a	10,30 a	13,10 a
MR.4	39,09 a	12,89 ba	7,82 ba	5,22 ba	3,29 a	2,83 a	7,11 ba	4,79 a	2,72 a	14,25 a
MF.5	25,18 a	8,71 cba	6,11 cba	4,24 ba	3,26 a	5,07 a	8,97 ba	9,82 a	11,77 a	16,84 a
MF.6	31,11 a	10,25 cba	6,31 cba	5,02 ba	3,10 a	3,65 a	8,03 ba	5,33 a	7,25 a	19,77 a
PSC.	34,77 a	14,21 a	8,40 a	6,58 a	4,47 a	3,82 a	11,16 a	6,51 a	2,53 a	7,59 a

Os resultados obtidos assemelham-se aos de GAMERO (1989), quando se observa alguns tratamentos semelhantes. Como a metodologia é nova, e também porque deve se considerar a variabilidade presente neste tipo de avaliação, as inferências a partir dos resultados de um único experimento tem um sentido relativo. Observe-se que os dados de porcentagem por classe de agregados são parciais de onde se origina o DMG.

6.6 Consumo de combustível

O consumo de combustível registrado para o tratamento PSC foi significativamente maior em relação a todos os tratamentos onde se utilizou a MPM. Entre os tratamentos com a MPM no tratamento MR1 foi registrado um consumo de combustível maior que os demais tratamentos que utilizaram a mesma máquina, diferindo inclusive do tratamento MR2, já que este é idêntico, porém com as hastes dianteiras 10 cm mais curtas. Não se verificou diferenças significativas entre os tratamentos MR2, MR3 e MR4, e estes superiores aos tratamentos MF5 e MF6 onde também não se verificou diferenças entre si, como se observa na Tabela 11.

Com excessão dos tratamentos MR1 e MR2 observou-se uma tendência de consumo semelhante entre os tratamentos onde se utilizou a MPM, com mesmo tipo de haste, ainda que com

profundidade de trabalho das hastes dianteiras mais superficial.

TABELA 11. - Consumo de combustível em l/ha.

TRATAMENTOS		CONSUMO (l/ha)	
1	MR1	16,05	b
2	MR2	12,55	c
3	MR3	13,82	c
4	MR4	11,97	c
5	MF5	8,72	d
6	MF6	8,20	d
7	PSC*	23,40	a

*PSC = DISCO + 1ª GRAD. + 2ª GRAD.

O consumo verificado para o tratamento PSC, bem maior que todos os tratamentos onde se utilizou a MPM, evidencia claramente a maior eficiência energética destes. Resultados semelhantes obtiveram DERPSCH et al. (1984) quando compararam o consumo de combustível registrado para escarificadores em relação ao sistema de preparo convencional do solo.

6.7 Consumo de combustivel por área de solo mobilizada

Quanto ao consumo de combustivel por área de solo mobilizada o tratamento PSC foi que apresentou maior consumo, diferindo significativamente dos demais. Os tratamentos com haste rígida, embora não tenham diferido entre si, mostraram uma nitida tendência de crescimento de consumo de energia por área trabalhada, quando a profundidade de trabalho das hastes dianteiras foi igual as traseiras, como pode ser visto na Tabela 12.

TABELA 12. Consumo de combustivel por área de solo mobilizada em ml/cm².

TRATAMENTOS		CONSUMO (ml/cm ²)	
1	MR1	7,71	b
2	MR2	6,38	b
3	MR3	8,01	b
4	MR4	7,37	b
5	MF5	5,49	b
6	MF6	7,21	b
7	PSC*	12,30	a

*PSC = DISCO + 1a GRAD. + 2a GRAD.

Este parâmetro mostra que em termos de consumo específico, isto é, ml/cm^2 , o preparo do solo convencional foi muito mais dispendioso que o preparo do solo realizado com a MPM, independentemente do tipo de haste utilizada.

HOOGMOED (1982) em trabalho realizado em Londrina, onde, utilizando escarificadores com hastes semelhantes às utilizadas na MPM e arado de disco, obteve, nos resultados de consumo de combustível diferenças, entre os tratamentos utilizados, muito próximas às verificadas entre a MPM e o PSC.

6.8 Biomassa presente na área antes do ensaio

No registro da massa da vegetal (biomassa), presente na área do ensaio formada pela resteva de milho somada a vegetação que espontaneamente se desenvolveu na área, não se verificou diferenças estatisticamente significativas, como pode ser visto na Tabela 13.

A significativa produção de biomassa ocorreu devido a uma incomum instabilidade meteorológica na região, verificada nos meses de julho a setembro. Este fato, além de não permitir a operação de preparo do solo, em razão da umidade excessiva do mesmo, ainda propiciou uma elevada produção de massa verde devido ao crescimento das plantas invasoras.

6.9 Velocidade de deslocamento durante o ensaio

Os valores médios de velocidade de deslocamento do conjunto trator/implemento registradas durante o ensaio estão mostradas na Tabela 14.

TABELA 13. Produção de biomassa em ton/ha na área do ensaio em 29.10.90.

TRATAMENTOS		PESO ton/ha
1	MR1	9,9 a
2	MR2	10,5 a
3	MR3	7,3 a
4	MR4	9,9 a
5	MF5	9,8 a
6	MF6	5,5 a
7	PSC	8,8 a

A explicação para as velocidades mais baixas registradas nos tratamentos MR1 a MR4, pode estar relacionada com a maior área mobilizada e, portanto, ter exigido maior esforço tratatório, o que causou maior patinamento.

TABELA 14. Velocidade de deslocamento durante o trabalho.

TRATAMENTOS			VELOCIDADE (km/h)
1	MR1		3,10
2	MR2		4,00
3	MR3		3,89
4	MR4		4,42
5	MF5		5,72
6	MF6		5,92
7	PSC	DISCO	3,77
		1ª GRAD.	6,77
		2ª GRAD.	7,09

7. CONCLUSOES

- A máquina de preparo mínimo de solo, sem distinção de tipo de haste e profundidade de trabalho das hastes dianteiras, propiciou uma cobertura de solo superior ao sistema de preparo convencional de solo. A máquina de preparo mínimo de solo, da mesma forma, isto é, independentemente do tipo de haste utilizada, dispendeu menos energia que o preparo mínimo de solo

- O rolo de corte mostrou boa performance quanto ao corte da resteva, mesmo em condição rigorosa de trabalho.

- Para todos os tratamentos com a máquina de preparo mínimo de solo não foi observada diferença entre o perfil de solo mobilizado.

- Apenas os tratamentos com haste rígida e ângulo de 65° e haste flexível com profundidade de trabalho das hastes dianteiras de 17 cm, foram menos eficientes no controle de plantas invasoras que o sistema de preparo convencional.

- Entre os tratamentos que utilizaram a máquina de preparo mínimo do solo, com exceção do tratamento com haste rígida, ângulo de 65° e profundidade de trabalho das hastes dianteiras de 17 cm, não houve influência estatística no diâmetro médio geométrico dos agregados.

8. RECOMENDAÇÕES

- O estudo comparativo, quanto à potência exigida, entre hastes flexíveis e rígidas, para diferentes ângulos de ataque e geometria das ponteiros.

- O pesquisa e desenvolvimento de máquinas semelhantes, com a finalidade de obter-se máquinas mais leves e menos exigentes em potência, para atender um público mais amplo.

- Otimização da parte estrutural da máquina de preparo mínimo, afim de propiciar uma melhor distribuição dos esforços conjugados atuantes.

- A máquina de preparo mínimo de solo necessita de um mecanismo de regulagem, da profundidade de trabalho, que possa ser operado por um único homem. O mecanismo deve atender aos aspectos ergonômico e de custo.

9. SUMMARY

This work tried to improve the performance of a minimum tillage machine prototype (MPM). Different tine rake angles and the working depths of frontal tines were evaluated. It was also a goal to determine the differences between the performance of the machine prototype and the conventional system, which used one pass of a disk plough two passes of a light disk harrow.

The experimental results showed that the prototype machine efficiently cuts crop residues and weeds for all tines used. It is also possible to work with shallow tines ahead of the chisels with no important loss in its performance, considering the soil disturbance.

Because it does not excessively revolve the soil, a significant amount of residues were left on the surface and the infestation of weeds was satisfactorily controlled. The prototype machine satisfactorily controlled weeds as a result of less soil motion and larger amount of residues left on the surface.

As far as the soil disturbance is concerned, a less desagregation was obtained with the minimum tillage as compared to the conventionanl one.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALMEIDA, F.S. & RODRIGUES, B.N. Controle de plantas daninhas em plantio direto. Londrina, IAPAR, 1991. 34p. (IAPAR, Circular, 67).
- BENEZ, S.H. Sugestões para padronização das pesquisas com preparos reduzidos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 11. Brasília, 1981. Anais do..., Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1981. p. 1453-1455.
- BELTRAME, L.F.S. Avaliação do desempenho de três subsoladores em latossolo vermelho escuro. Engenharia Agrícola, Botucatu. 7 (1): 37-52, 1983.
- BOLLER, W. Desenvolvimento de complementos para semeadoras em solo sob preparo reduzido. Santa Maria, UFSM, 1990, 146p. (Tese de Mestrado - UFSM).
- CASAO Jr., R. Mecanização agrícola : Estratégia de desenvolvimento de implementos agrícolas pelo IAPAR no Paraná. Londrina, IAPAR, 1989.
- ; ARAÚJO, A.G.; MERTEN, F.H.; HENKLAIN, J. C.; MONICE, FILHO, R.G. Preparo do solo e elementos de planejamento da mecanização agrícola. IAPAR, 1990. (Apostila).
- ; CAVILIONE, J.H.; MORINI, A.A.; ARAÚJO, A.G.; RIBEIRO, M.F.S., SILVA, A.C.R.; DEL GROSSI, M.E. Mecanização Agrícola no Brasil - uma proposta para o Paraná. Londrina, IAPAR, 1991. p 140. (no prelo).
- CHICHESTER, F.W.; MORRISON JR., J.E., GERIK, T.J. Minimum disturbance fertilizer knifing for no-till. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 28(4): 1013-18, 1985.

- DALLMEYER, A.U.; SALVADOR, N.; LAGE, G.; FERRAUDO, A. S.; GAMERO, C. A. Avaliações da rugosidade do solo sob doze tipos de preparo em Latossolo Roxo Alíco. Apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 18., Recife, 1989. 15p.
- DERPSCH, R.; HOOGMOED, W.; SIDIRAS N.; ALMEIDA F.S. A Escarificação como alternativa de preparo e conservação do solo. Apresentado no ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DE SOLOS, 4., Campinas, 1982. 24p.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. Estudo e desenvolvimento de culturas incluindo espécies de cobertura verde e métodos de preparo do solo. In: Relatório Final do Projeto, AcOrdo IAPAR - GTZ. Londrina, 1984. 107p.
- FONTANA, C.; MIRANDA, N.O.; WEISS, A.; DALLMAYER, A.U. Efeito do preparo reduzido nas condições de superfície do solo e emergência de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., São Paulo, 1986. Anais do ... Botucatu, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1986. p. 124-34.
- GAMERO, C.A. Desagregação do solo em diferentes métodos de preparo do solo. Apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 18., Recife, 1989. 15p.
- GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H.; FURLANI JR., J.A. Análise do consumo de combustível e da capacidade de campo de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., São Paulo, 1986. Anais do ..., Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1986. p. 1-9.
- GILL, W.R. & VANDEN BERG, G.E. Soil dynamics in tillage and traction. Washington, Department of Agriculture, 1968. 511p. (Agricultural Handbook 316).
- GODWIN, R.J.; SPOOR, G. Soil failure with narrow tines. J. Agric. Eng. Research, 22(3):213-218, 1977.
- GODWIN, R.J.; SPOOR, G.; SOOMRO, M.S. The effect of tine arrangement on soil forces and disturbance. J. agric. engng. res. 30: 47-56, 1984.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 11. ed. São Paulo, Livraria Nobel, 1985. 466p.
- HAYES, W.A. Minimum tillage farming. Brookfield, Debbie Lessier, 1982. 166 p.
- HEETIARATCHI, D.R.P.; REECE, A.R. Symmetrical three-dimensional soil failure. J. Terramechanics, 4(3): 45-67, 1967.

- HEETIARATCHI, D.R.P.; WITNEY, B.D.; REECE, A.R. The calculation of passive pressure in two-dimensional soil failure. J. agric. eng. res. 11(2):89-107, 1966.
- HOOGMOED, W.B. Final report on a consultancy to IAPAR - Londrina. Eschborn, GTZ, 1982. 174 p.
- JUSTINO, A. & MAGALHÃES, P.S.G. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo de máquina para preparo mínimo de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., Piracicaba, Anais do... Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. 2: 884-900.
- KLEIN, V.A. Desenvolvimento de haste para escarificação em área sob sistema de plantio direto. Santa Maria, UFSM, 1990, 79p. (Tese-Mestrado)
- LAFLEN, J.M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E.A. Measuring crop residue cover. J. of Soil and water conservation, Ankeny, Iowa, 36(6): 341-3, 1981.
- LANÇAS, K.P.; BENEZ, S.H. Avaliação dos resultados operacionais obtidos para três formas geométricas de hastes subsoladoras. Energia na Agricultura, 4(1):27-34, 1989.
- LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 12(1): 71-75, 1988.
- MAZUCHOWSKI, J.Z. & DERPSCH, R. Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas. Curitiba, ACARPA, 1984. 68 p.
- MCKEYS, E. Soil cutting and tillage. New York, 1985. Elsevier. 217 p.
- MCKEYS, E. & ALI, O.S. The cutting of soil by narrow blades. J. Terramechanics, 14(2): 43-58, 1977.
- MIRANDA, N.O. Alterações físicas nos solos podzólico vermelho amarelo e latossolo vermelho escuro submetidos a diferentes condições de preparo reduzido. Santa Maria, UFSM, 1986, 64 p. (Tese de Mestrado - UFSM).
- MONDARDO, A.; HENKLAIN, J.C.; FARIAS, G.S.; RUFINO, R.L.; JUCKSH, I.; VIEIRA, M.J. Controle da erosão no Estado do Paraná. Londrina, IAPAR, 1977. 70 p. (IAPAR, Circular Técnica, 3).
- MOREIRA, C.A.; COSTA, J.A.S.; MORAES, R.A.D. de M. Exigência de tração de arados e grades de discos de arrasto. Campinas, 1984. 20 p. (IAC, Boletim Técnico, 86).

- ORTIZ-CANAVATE, J.O. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1980. 490p.
- OWEN, G.T. Soil disturbance associated with deep subsoling compact soils. Can. agric. eng., 30:33-37, 1988.
- PAYNE, P.C.J. The relationship between the mechanical properties of soils and the performance of simple cultivation implements. J. Agr. Eng. Res., 4(1):23-50, 1956.
- PAYNE, P.C.J. & TANNER, D. W. The relationship between rake angle and the performance of simple cultivation implements. J. agric. engig. res., 4(4):312-25, 1959.
- REECE, A.R. The fundamental equation of earthmoving mechanics. Symposium on Earthmoving Machinery. London, Institute of Mechanical Engineers, Part 3f, 179, 1965.
- SHIKI, S. Mecanização agrícola: homem e a terra sob impacto. Rev. bras. de tecnologia, 15(2):5-11, 1984.
- SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C.; DERPSH, R. Comparação de três métodos de preparo do solo em relação a algumas propriedades físicas, perdas de solo e água e a produtividade de soja e trigo em um latossolo roxo distrófico. J. agronomy and crop cie., 151:137-48, 1982.
- SIDIRAS, N. & VIEIRA, M. Compactação em latossolo roxo provocada pelas rodas do trator na semeadura: comportamento físico do solo e rendimentos de três culturas. Trabalho apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 19, Curitiba, 1983. 11p.
- SILVA, J.R.; KURACHI, S A.H.; MESQUITA, C.M.; BARRETO, J.N.; PETRONI, A.C. Correlação entre esforço de tração e profundidade de subsolagem. Campinas, IAC, 1984. 16p. (IAC, Boletim Técnico, 96).
- SILVA, D.D. & MUTTI, L.S.M. Arado de cinzel: avaliação do coeficiente de resistência a tração em função da velocidade e profundidade de trabalho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 11, Seropédica, 1983. Anais do ... Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola.
- SOUZA, W.R. Subsolador: influência de parâmetros geométricos na distribuição das forças. Campinas, UNICAMP, 1989, 111p. (Tese de Mestrado-Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP).
- SORRENSON, W.J. & MONTOYA, L.J. Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná. Londrina, IAPAR, 1989. 104p. (IAPAR, Boletim técnico, 21).

SPOOR, G.; GODWIN, R.J. An investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. J. agric. engig. res., 23(3):243-258, 1978.

VIEIRA, M.J. Solos de baixa aptidão agrícola: opções de uso e técnicas de manejo e conservação. Londrina, IAPAR, 1987. 68p. (IAPAR, Circular, 51).

VIEIRA, M.J. Cultivo mínimo comparado a outros sistemas; efeitos no solo e na planta. In: ENERGIA NA AGRICULTURA : TECNOLOGIAS POUPADORAS DE INSUMOS, 1, Jaboticabal, 1984. Anais... Jaboticabal, UNESP, FUNEP, 1985. p 33-54.

ANEXOS

ANEXO I - Valores obtidos de cobertura do solo em porcentagem.

=====

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
MR1	61.80	90.52	82.10	77.17
MR2	83.64	78.26	69.04	59.18
MR3	69.58	64.13	89.65	80.00
MR4	69.11	64.19	77.64	71.26
MF5	60.10	85.88	90.90	81.52
MF6	62.50	86.66	79.54	85.41
PSC	23.15	00.00	18.75	19.78

=====

ANEXO II - Valores obtidos para a área de solo mobili-
zada em cm².

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
MR1	2110	1811	1947	2568
MR2	2118	2234	1610	2032
MR3	1625	1824	1550	1955
MR4	1851	2431	1224	1426
MF5	1689	1395	1557	1774
MF6	1095	1197	1595	869
PSC	1838	1867	1860	2053

ANEXO III - Valores obtidos para presença de plantas invasoras 6 dias após o preparo do solo em plantas por m².

=====				
Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
MR1	29.34	5.32	25.32	10.68
MR2	25.32	12.00	26.70	26.60
MR3	29.34	17.32	36.00	20.00
MR4	22.50	46.90	29.30	33.36
MF5	29.30	12.00	16.00	24.00
MF6	34.40	16.00	51.00	30.70
PSC	9.32	2.67	1.32	1.32

ANEXO IV - Valores obtidos para presença de plantas in
vasoras 12 dias após o preparo do solo em
plantas por m².

=====

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
MR1	257.3	172.0	245.3	190.7
MR2	161.2	200.0	240.0	170.7
MR3	228.0	100.0	272.0	264.0
MR4	198.4	156.3	154.7	313.5
MF5	257.2	250.6	180.0	212.0
MF6	253.3	158.7	282.6	144.0
PSC	134.7	101.3	176.0	157.2

=====

ANEXO V - Valores obtidos para o diâmetro médio geométrico em (mm).

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
MR1	23.55	31.90	14.54	32.18
MR2	11.86	12.06	20.72	27.78
MR3	7.04	8.79	5.22	23.82
MR4	3.82	4.32	14.27	4.23
MF5	10.52	17.70	13.80	10.15
MF6	5.01	15.91	26.12	3.66
PSC	8.07	6.63	4.19	4.73

ANEXO VI - Valores obtidos para consumo de combustivel
l/ha.

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
MR1	14.0	17.6	14.8	17.8
MR2	12.1	13.0	12.8	12.3
MR3	13.2	14.0	14.1	14.0
MR4	12.4	11.7	11.3	12.5
MF5	9.2	9.2	8.2	8.3
MF6	8.7	8.0	8.2	7.9
PSC	24.1	23.1	22.6	23.8
DISCO	12.0	11.3	11.1	12.1
1ª GRAD.	6.7	6.2	6.0	6.1
2ª GRAD.	5.4	5.6	5.5	5.6

ANEXO VII - Valores obtidos para consumo de combustivel
em ml/cm².

=====				
Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
MR1	6.63	9.71	7.60	6.93
MR2	5.71	5.81	7.95	6.05
MR3	8.12	7.67	9.09	7.16
MR4	6.69	4.81	9.23	8.76
MF5	5.44	6.59	5.26	4.67
MF6	7.94	6.68	5.14	9.09
PSC	13.11	12.37	12.15	11.59

ANEXO VIII - Valores obtidos de biomassa presente na
 área em ton/ha.

=====				
Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
MR1	5.4	8.5	12.8	13.0
MR2	8.2	9.2	5.2	9.6
MR3	9.8	5.0	7.0	7.6
MR4	11.2	9.8	6.6	12.0
MF5	9.2	11.6	3.6	15.0
MF6	3.2	4.2	7.2	7.6
PSC	8.2	9.8	8.0	9.2

ANEXO IX - Valores obtidos para velocidade de deslocamento do conjunto trator/implemento durante o trabalho em km/h.

=====				
Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
MR1	3.70	2.91	3.29	2.76
MR2	4.01	3.99	3.89	4.12
MR3	3.92	3.83	4.13	3.70
MR4	4.30	4.49	4.48	4.40
MF5	5.49	5.68	5.81	5.90
MF6	5.93	6.23	5.99	5.76
DISCO	3.76	3.69	3.72	3.91
1ª GRAD.	7.29	6.74	6.53	6.56
2ª GRAD.	7.40	6.99	7.01	7.03

**ANEXO X - Valores obtidos para porcentagem de agregados
por classe de tamanho.**

BLOCO I								BLOCO II							
CLAS	MR.1	MR.2	MR.3	MR.4	MF.5	MF.6	PSC.	MR.1	MR.2	MR.3	MR.4	MF.5	MF.6	PSC.	
01	32,32	18,39	9,13	7,55	15,95	4,74	8,70	48,91	15,62	9,18	4,19	18,47	33,06	6,56	
02	13,35	11,12	6,26	2,73	7,12	11,42	5,18	0,00	2,51	8,11	2,63	14,68	4,92	4,94	
03	6,37	7,64	11,56	3,59	11,96	3,81	6,52	11,10	15,89	12,91	7,17	11,46	2,67	6,87	
04	8,84	8,95	8,94	5,48	9,20	7,97	12,73	10,64	13,02	9,02	10,41	10,28	10,14	14,80	
05	3,98	3,15	2,80	2,49	3,40	3,10	4,40	2,86	4,72	4,63	3,50	4,70	4,84	3,11	
06	3,36	3,02	2,13	4,00	3,69	2,46	6,48	2,61	4,00	4,63	3,41	4,42	3,83	3,42	
07	3,78	5,08	4,48	5,13	4,43	4,36	7,94	2,69	5,17	5,32	5,28	3,80	4,96	5,76	
08	4,37	6,98	7,64	8,65	6,58	7,50	8,55	2,89	5,57	6,11	6,81	5,31	5,76	7,51	
09	5,72	10,51	13,38	16,06	9,11	12,78	13,35	5,56	9,00	8,35	12,52	7,39	8,37	16,19	
10	16,91	25,16	33,68	44,32	28,56	41,86	26,11	12,74	24,49	31,75	44,08	19,53	21,46	30,84	
BLOCO III								BLOCO IV							
01	26,34	38,07	0,0	36,28	22,79	41,30	3,61	44,91	17,53	34,11	6,98	10,16	0,00	11,15	
02	10,63	6,05	14,54	5,40	11,18	9,77	0,00	8,46	31,65	12,31	0,00	14,11	2,92	0,00	
03	8,74	8,08	6,64	3,30	7,31	7,77	8,50	10,07	9,38	9,43	5,10	8,56	7,09	4,17	
04	7,74	9,05	7,66	4,22	9,66	6,15	9,45	7,23	9,12	5,82	8,33	6,77	8,04	7,68	
05	3,15	2,56	3,82	2,00	2,73	3,24	4,29	1,46	3,37	2,71	3,34	9,45	3,46	3,51	
06	2,09	2,26	1,98	1,00	2,56	2,48	4,12	2,80	2,51	4,16	4,78	2,37	3,63	3,89	
07	3,12	2,78	5,41	3,60	4,19	3,13	5,63	3,63	3,93	4,43	6,87	4,56	7,64	7,01	
08	3,66	4,08	8,08	6,20	6,13	3,50	8,39	3,70	3,52	4,42	9,65	6,44	8,51	9,15	
09	7,53	6,20	10,34	9,55	9,05	5,86	14,13	4,49	6,01	6,20	13,43	9,35	14,02	13,19	
10	27,00	20,87	41,54	26,46	24,41	16,79	41,88	13,24	12,97	16,41	41,53	28,24	44,34	40,25	

ANEXO XI - Esquema da análise de variância.

=====	
Causa da Variação	Graus de Liberdade
Blocos	3
Tratamentos	6
Resíduo	18
<hr/>	
Total	27
<hr/>	

ANEXO XII - Média, desvio padrão, coeficiente de variação e diferença mínima significativa ao nível de 5% de probabilidade dos parâmetros estudados.

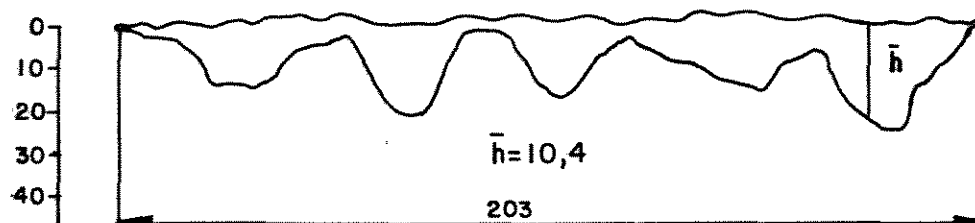
PARÂMETRO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	D.M.S (5 %)
Porcentagem de cobertura do solo (%)	67,18	23,7	15,94	25,01
Área do solo mobilizada (cm^2)	1753,75	389,5	17,58	720,02
Presença de plantas invasoras por m^2 , 6 dias após o preparo	22,28	12,7	42,11	21,91
Presença de plantas invasoras por m^2 , 12 dias após o preparo	201,13	10,0	26,53	124,63
Diâmetro médio geométrico (mm)	13,29	8,9	54,52	16,92
Consumo de combustível (l / ha)	13,53	4,9	6,45	2,03
Consumo de combustível por área de solo mobilizado (ml / cm^2)	7,78	2,3	17,80	3,23
Biomassa presente na área de estudo em (ton / ha)	8,48	2,9	30,60	6,06

ANEXO XIII - Dados diários de precipitação em (mm), para os meses de janeiro a novembro de 1990.
Dados fornecidos pelo CPQBA.

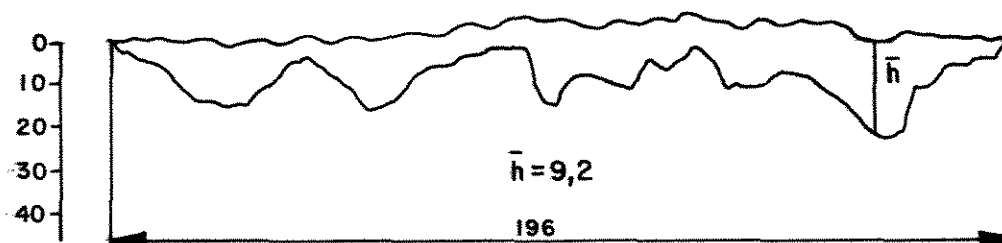
Meses (Precipitação em mm)											
DIA	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.
01	40,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0
02	19,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
03	35,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0
04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0
05	46,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	5,0	0,0	80,0
06	0,0	0,0	18,0	0,0	2,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	1,0
07	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
08	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
09	5,0	0,0	10,0	2,6	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	2,0	0,0
10	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0
11	16,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	5,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0
13	0,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0
14	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0
15	7,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0
16	55,0	4,4	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	37,0	10,0	0,0	8,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	9,0	6,0	4,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	75,0	7,0	0,0	0,0	47,0	0,0	0,0	15,0	15,0
20	0,0	0,0	5,0	22,0	0,0	0,0	15,0	18,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0
22	8,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	50,0	7,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	10,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	10,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	13,0
28	6,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0		0,0		0,0		0,0	0,0		0,0	

ANEXO XIV - Perfil mobilizado do solo do tratamento MR1.

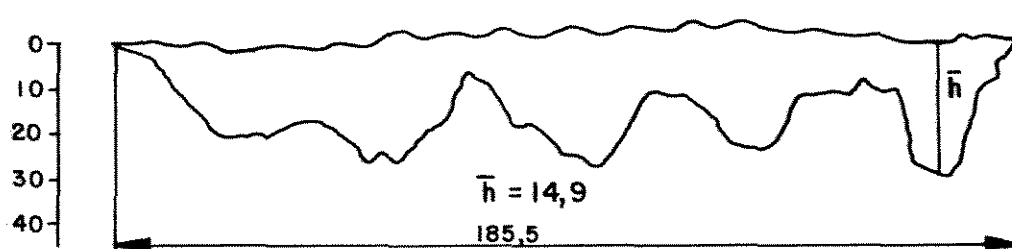
PERFIL MOBILIZADO BI TI



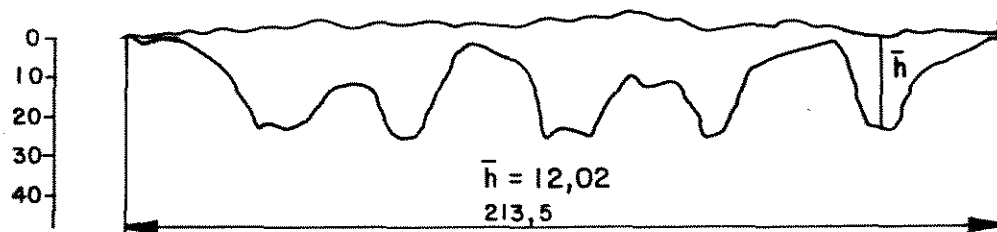
PERFIL MOBILIZADO BII TI



PERFIL MOBILIZADO BIII TI

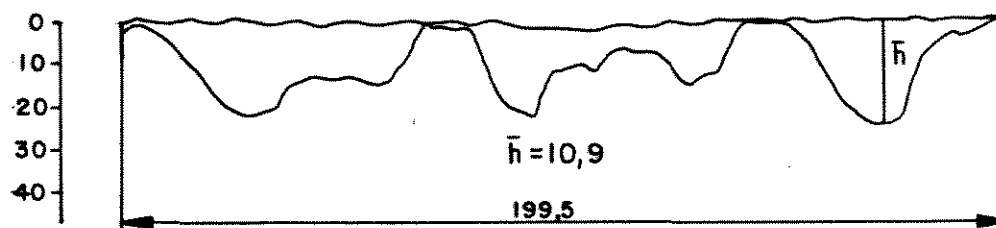


PERFIL MOBILIZADO BIV TI

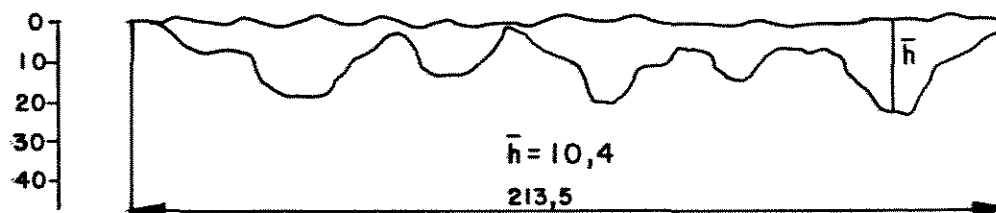


ANEXO XV - Perfil mobilizado do solo do tratamento MR2.

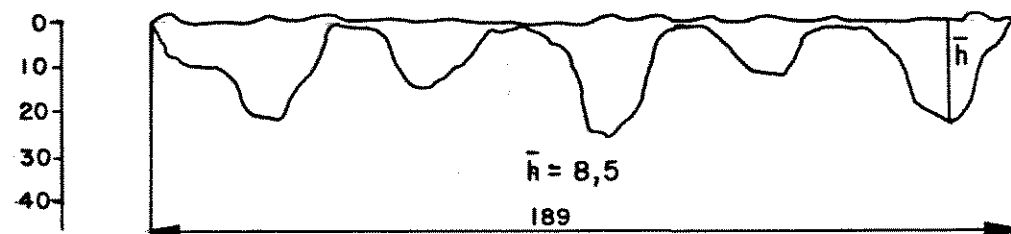
PERFIL MOBILIZADO BI T2



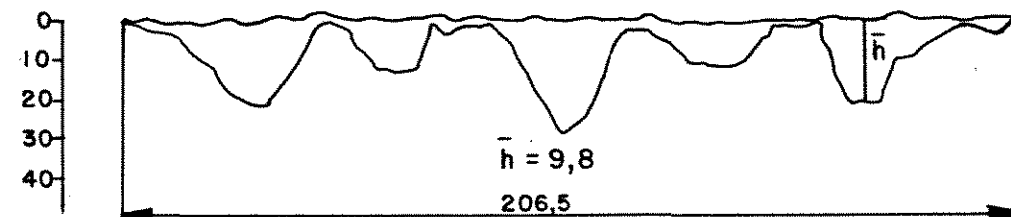
PERFIL MOBILIZADO BII T2



PERFIL MOBILIZADO BIII T2

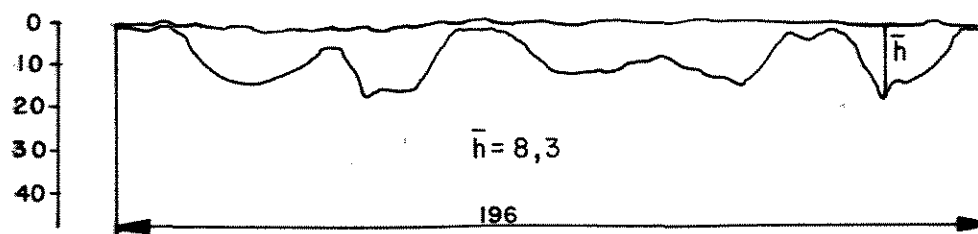


PERFIL MOBILIZADO BIV T2

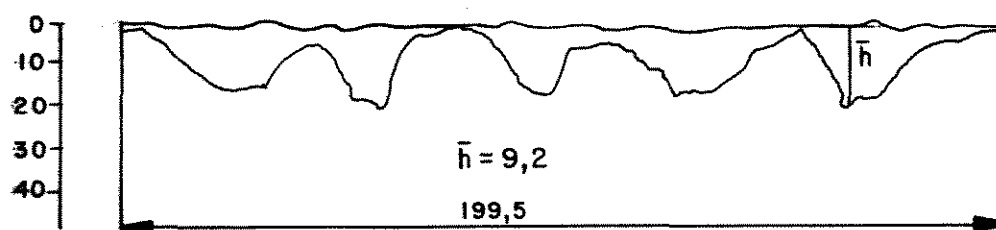


ANEXO XVI - Perfil mobilizado do solo do tratamento MR3.

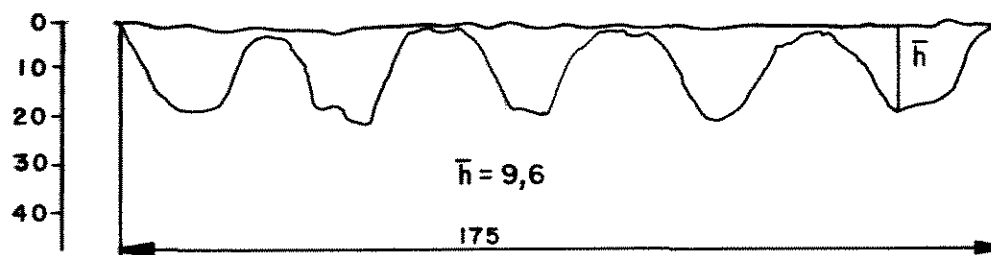
PERFIL MOBILIZADO BI T3



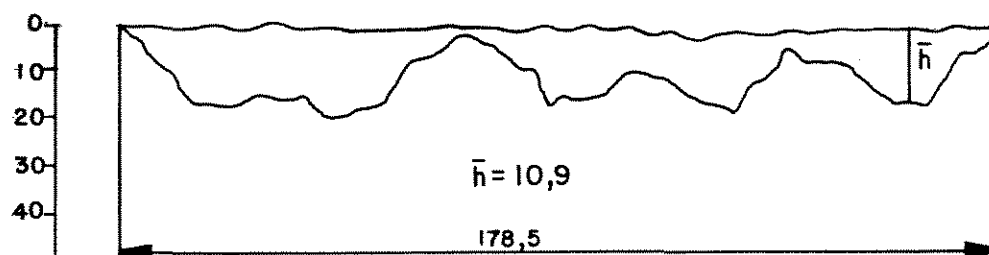
PERFIL MOBILIZADO BII T3



PERFIL MOBILIZADO BIII T3

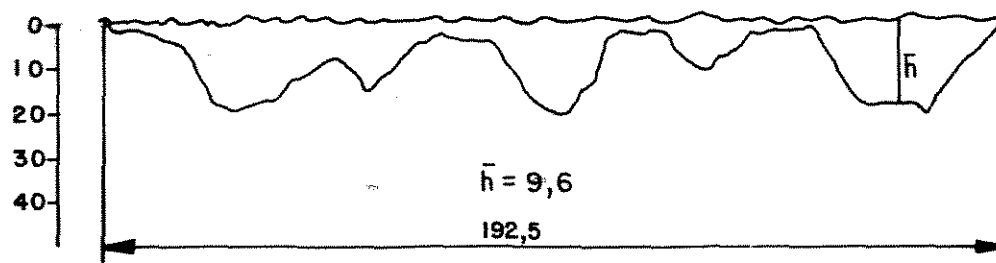


PERFIL MOBILIZADO BIV T3

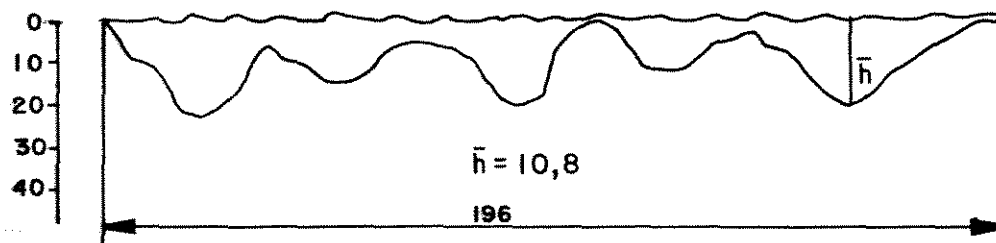


ANEXO XVII - Perfil mobilizado do solo do tratamento MR4.

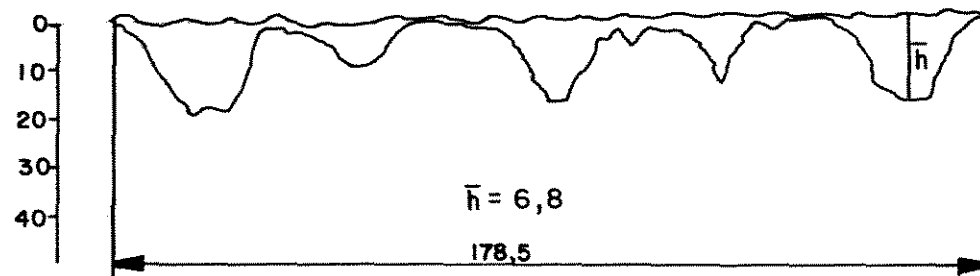
PERFIL MOBILIZADO BI T4



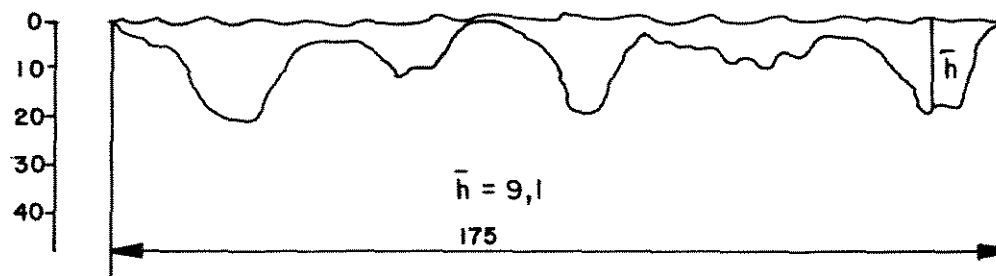
PERFIL MOBILIZADO BII T4



PERFIL MOBILIZADO BIII T4

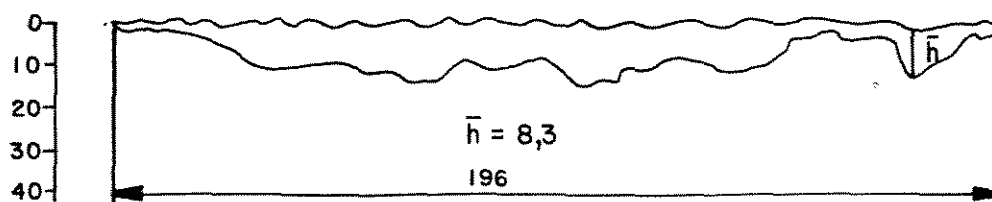


PERFIL MOBILIZADO BIV T4

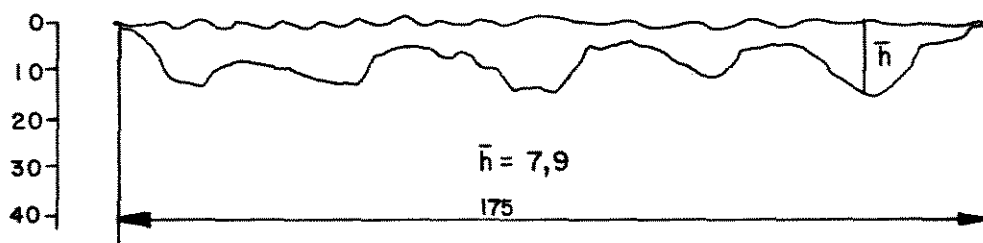


ANEXO XVIII - Perfil mobilizado do solo do tratamento MF5.

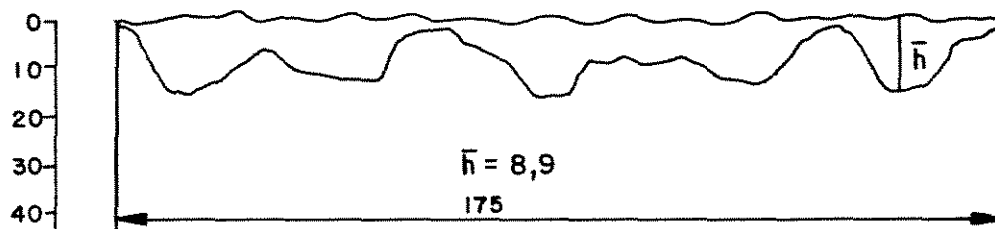
PERFIL MOBILIZADO BI T5



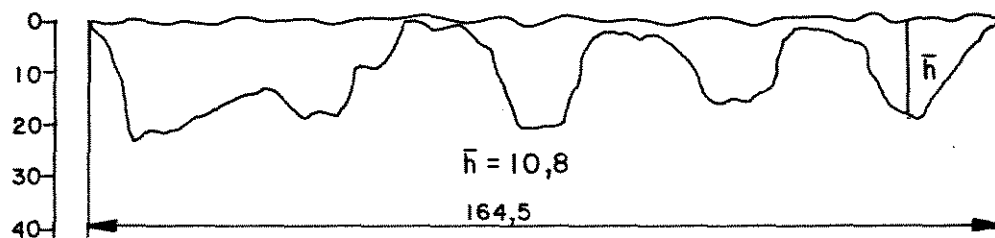
PERFIL MOBILIZADO BII T5



PERFIL MOBILIZADO BIII T5

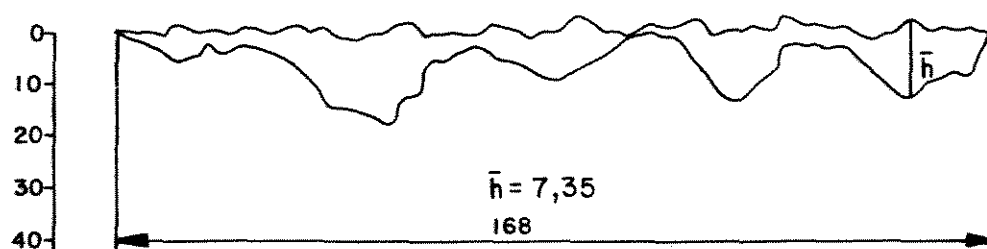


PERFIL MOBILIZADO BIV T5

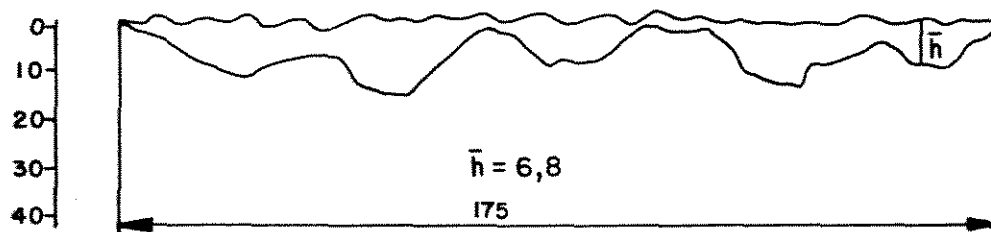


ANEXO XIX - Perfil mobilizado do solo do tratamento MF6. Campinas, 1991.

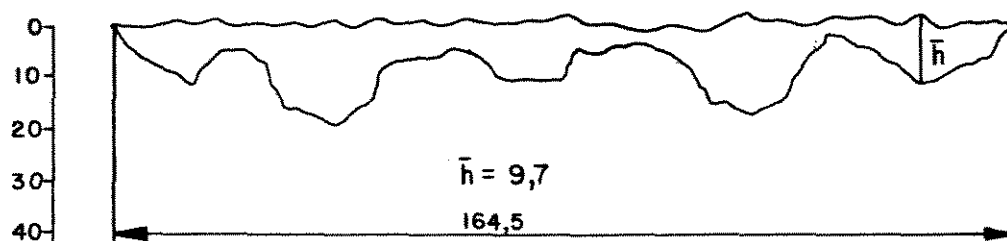
PERFIL MOBILIZADO BI T6



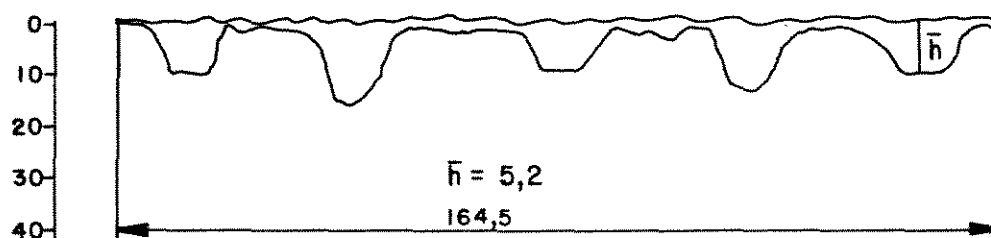
PERFIL MOBILIZADO BII T6



PERFIL MOBILIZADO BIII T6

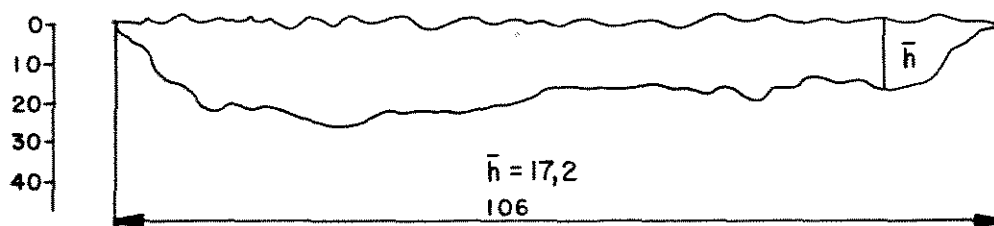


PERFIL MOBILIZADO BIV T6

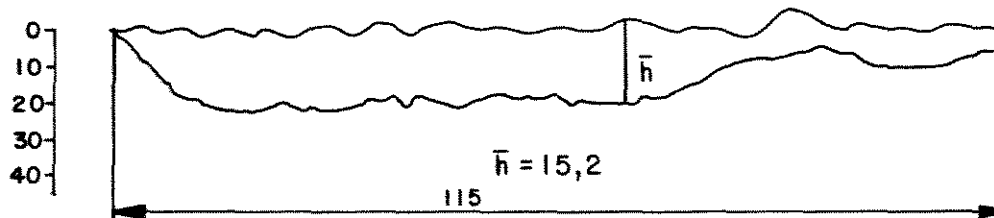


ANEXO XX - Perfil mobilizado do solo do tratamento PSC.

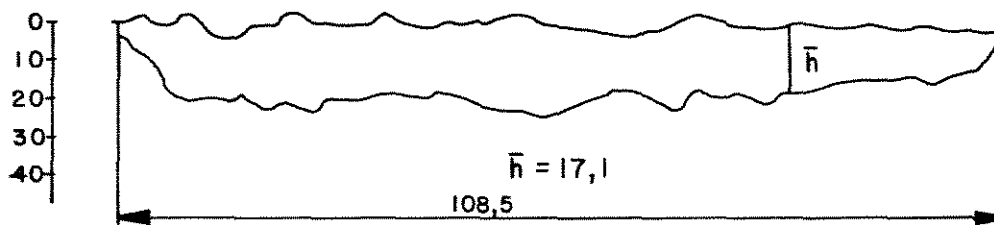
PERFIL MOBILIZADO BI T7



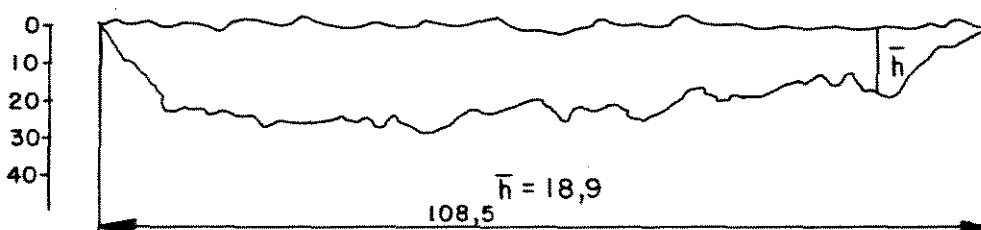
PERFIL MOBILIZADO BII T7



PERFIL MOBILIZADO BIII T7



PERFIL MOBILIZADO BIV T7



ANEXO XXI - Detalhe da parcela do Bloco I após a ação da MPM com o tratamento MR1 (A) e detalhe da ação da MPM com o tratamento MR2 (B).

A



B



ANEXO XXII - Detalhe da parcela do Bloco I após a ação da MPM com o tratamento MR3 (A) e detalhe da ação da MPM com o tratamento MR4 (B).

A



B

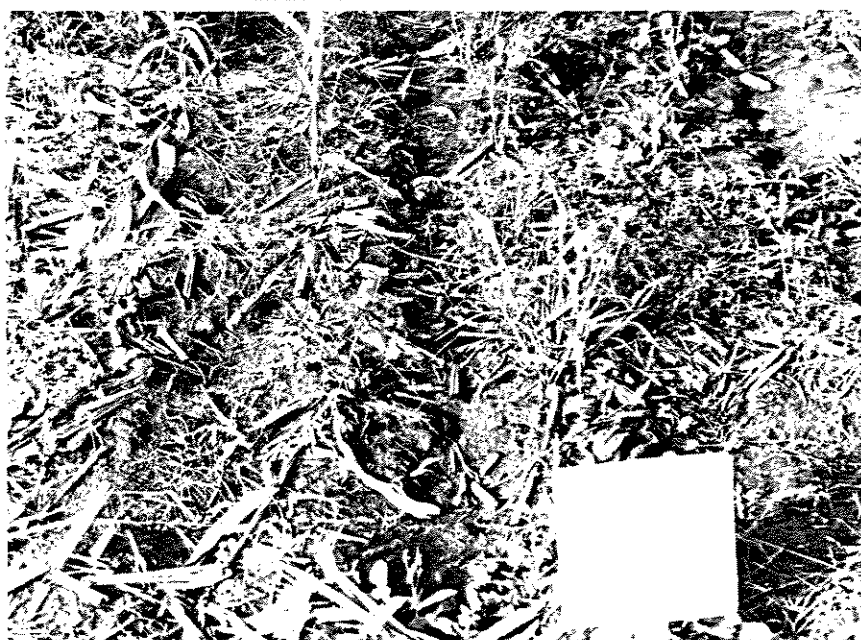


ANEXO XXIII - Detalhe da parcela do Bloco I após a
ação da MPM com o tratamento MF5 (A) e
detalhe da parcela do Bloco I com o
tratamento MF6 (B).

A

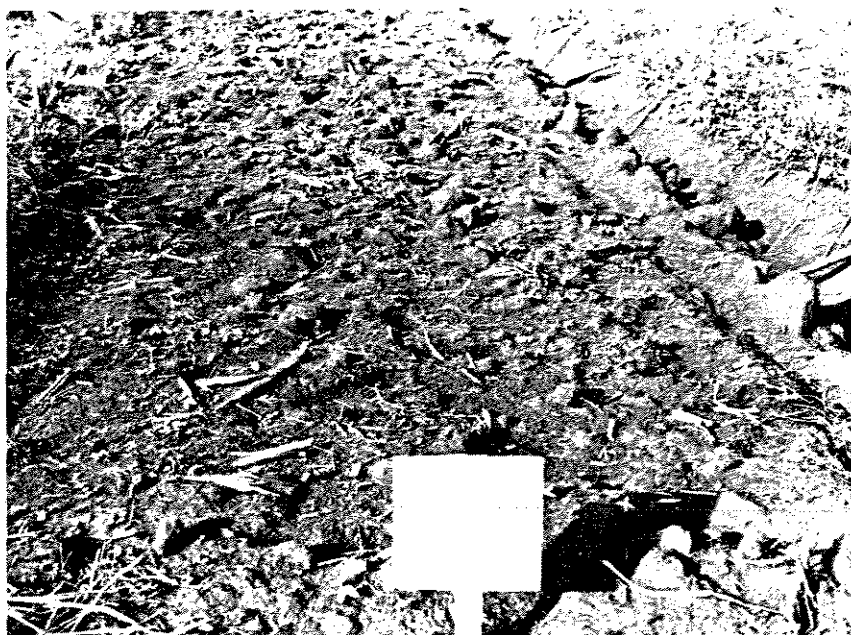


B

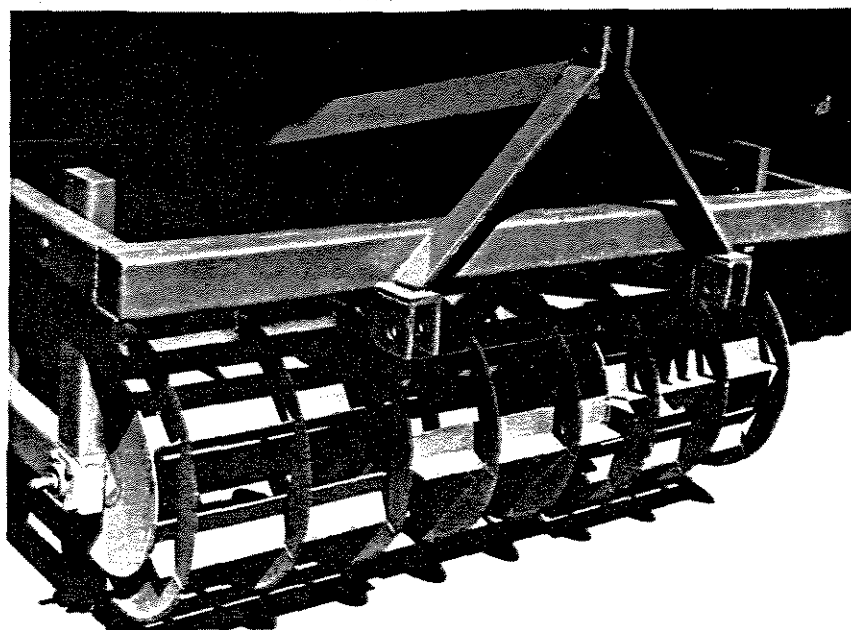


ANEXO XXIV - Detalhe da parcela do Bloco I após a ação do tratamento convencional PSC (A) e detalhe do Rolo de Corte de resíduos e vegetação presente no terreno (B).

A



B



ANEXO XXV - Perfis teóricos obtidos através do modelo de Goodwin et al. (1977). Ângulo de 45° e 65° e 27 cm de profundidade para as cinco hastes (A) e (C). Ângulo de 45° e 65° e profundidade das hastes dianteiras de 17 cm e traseiras de 27 cm, (B) e (D).

A



B



C



D

